# 自來水會刊第 43 卷第 3 期(171)目録

實	務	研	1	究
	122			-

	金門跨海橋樑附掛自來水管線之規劃與施建黃仁國、盛佑鼎、張武達1
	北水碳盤查範疇3估算碳排方法論黄欽稜、楊敏華、陳品叡11
	台水檢漏實習場建置與場外訓練規畫林子立、蘇隆盛、何英魁21
本	期 專題 水質處理
	<b>矩形沉澱池污泥監測與排除最佳化之探討</b> 莊旭槙29
	<b>濾池延長濾程避免濁度穿透之操作研究</b> ·······李育輯、李育樟、駱尚廉·····38
	台水行動檢驗車簡介可文儀、柯冠宇、陳文祥、李丁來48
E	·般論述
	<b>北水處導入AI運用初探</b> ····································
	建置現代化倉儲管理之探討—以自來水公司第三區管理處為例何昆保、林瑞卿67
	小區智慧流量計於陽明山區供水之應用呂紹禎、吳亮誾、林聖恩、張修明、黃嘉昌74
	<b>山上淨水場供水改善效益評估</b> 謝張浩、洪志雄、莊承翰、蘇柏源、葉文正、李明輝83
協	· 會與你
	歡迎投稿 113.114年「毎期專題」
	中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法73

封面照片:台灣自來水公司提供

#### 自來水會刊雜誌稿約

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

#### 自來水會刊雜誌

發 行 單 位:中華民國自來水協會

發 行 人:李嘉榮

會址:臺北市長安東路二段一○六號七樓

電 話: (02)25073832 傳 真: (02)25042350

#### 中華民國自來水協會編譯出版委員會

#### 主任委員

黃志彬

#### 副主任委員

李丁來

#### 委 員

陳明州、康世芳、武經文、邱福利、 吳能鴻、王明傑、楊人仰 自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總編輯:李丁來執行主編:唐俊成

#### 編審委員

甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、 梁德明

執行編輯: 吳宗昱

電 話:(04)22244191轉516

行政助理:劉麗玉

協力廠商:松耀印刷企業有限公司 地 址:台中市北區國豐街 129 號

電 話:(04)22386769



## 金門跨海橋樑附掛自來水管線之規劃與施建

#### 文/黃仁國、盛佑鼎、張武達

#### 摘要

烈嶼地區早期用水主要仰賴當地湖庫 與淨水場站,至89年金門自來水廠(下稱 本廠)完成「大小金門自來水海底管線工程」 後始得由大金門支援,然而該海底管線先後 於 91 年、96 年與 110 年上浮斷裂,各次危 機雖均經緊急搶修順利排除,惟已嚴重影響 供水安全。為分散海底管線長期潛在風險, 本廠自 108 年即配合金門大橋之興建,推動 為主體,採熱熔技術接合,全長約4.763m; 又因應操作與安全需求,沿線設置可撓管與 排氣閥,依管線通水斷面與允許流速,計可 提供每日 5,000 噸之水量。

該工程自 110 年 4 月 20 日開工,111 年 12月30日完竣,經配合兩端陸域加壓站實 施試運轉後,已足與既有海底管線交替備 援,達成提升烈嶼地區供水安全之重要里程 碑。

關鍵字:金門大橋、水資源、附掛管線

## 一、計畫緣起

烈嶼地區(小金門)民生用水來源早期 係取自當地湖庫,再經由紅山淨水場處理後 配送至家戶。有鑒於該地區湖庫淺小、蓄容 有限且水質不佳,為提升用戶服務,本廠遂 於88年8月以統包方式辦理「大小金門自來 水海底管線工程」,計劃於金烈海域間佈設 標稱口徑 φ 250mm 之送水管線, 藉以自大金 門每日穩定供應 500 噸清水予烈嶼地區。全 案工程於89年底完工驗收,總長約4,383m, 採用高密度聚乙烯 (high density polyethylene, HDPE)管材,輔以鐵鍊配重後 埋入海床,最大設置水深 20m,如圖 1 所示 路徑1。

惟至91年2月5日,近烈嶼側(設計里 程 2K+800~4K+140) 之海底管線發生上浮, 長度近 1,340m, 且於 91 年 3 月 1 日即生斷 裂情事,嚴重影響正常供水,而後經原契約 廠商緊急搶修使其下沉,並覆蓋連續性混凝 土蓆塊保護,始恢復正常送水。然而時至96 年,同一區段之海底管線(設計里程 2K+800~4K+350) 再度上浮,顯見僅以蓆塊 覆蓋無法完全抵禦該區海域環境,經本廠改 採增加挖深、掛載配重塊與海拋石塊方式辦 理修復,於98年終恢復正常。惟110年2 月,近300m之海底管線又見浮起(設計里 程 2K+000~2K+300), 為避免影響民生用水, 本廠遂於持續送水狀態下,就上浮段實施配 重下沉及沙袋保護,並同步辦理烈嶼地區淨 水設備之功能強化與調度支援。

為瞭解海底管線使用狀態,確保烈嶼地 區供水穩定,本廠除定期委外辦理測掃分析 外,仍官就潛在損壞風險預謀解決方案始為 根本。為此,於108年乃配合金門大橋之興 建,研提「金門跨海橋樑附掛自來水管工 程」,依規劃口徑及雙邊陸域供配水設施, 期可提供每日 5,000 噸之水源調度能力,待 完成後,又將與既有海底管線並存應用,達 成營運風險分散之目的。

## 烈嶼端 大橋附掛管線 湖下加壓站(新) 后頭加壓站 海底管線 長度: 4,383m 最大水深: 20m

#### 既有陸、海管 — 附掛管線 — 陸域延管

圖 1 大、小金門送水管線路徑示意圖

#### 二、工程範圍

有關「金門跨海橋樑附掛自來水管工 程」全案範圍,如圖1所示實線路徑,大致 包含(1)大金門端陸域延管(蒸湖路)及新建 湖下加壓站、(2)金門大橋附掛管線段與(3) 小金門端陸域延管(湖埔路)等三部分,本 文主要介紹附掛管線段之設計細節、施工流 程與經驗紀事等,期能藉由實務案例之引 導,提供自來水領域從業人員相關知識,以 為日後類似工程執行參考

#### 三、金門大橋概述

金門大橋西起烈嶼鄉后頭地區,東迄金 寧鄉慈湖地區,如圖2,路線長約5,125m, 其中跨海部分近 4,770m,工程依橋梁位置分 為主橋、邊橋及引橋段。主橋部分全長 1,050m,最大跨距 200m,為五塔六跨預力箱 梁脊背橋,採懸臂工法施工,橋塔採高粱穗 心造型;邊橋部分全長 720m,為變梁深預力 箱梁橋;引橋部分全長 3,000m,為等梁深預 力箱梁橋[1]。主橋、邊橋及引橋斷面尺寸, 大致為底寬 4.7m、縱深 3~7.5m,如圖 3。有 鑒於邊橋段係採變梁深方式設計,故箱梁底 部或管線佈置高程乃呈曲線形式,圖4所示 為里程 2K+340~2K+600 之縱斷面圖,於該圖 中可發現,2K+380(A點)之設計管底高程 為 EL 26.38m,至 2K+460(B點)時則抬升 至 EL 31.89m,兩位置點之高差達 5.51m,又 經 2K+520 (C 點) 時再下降 1.17m 至 EL 30.72m,類似之高差變化,導致附掛管線存 在多處局部高低點。

為利日後安全巡檢,全橋段共設置五處 出入口,包含(1)銜接兩端陸域之橋台各一 處、(2)里程 1K+550 之橋面樓梯一處,且得 由箱梁側面進入、(3)主橋段頭尾兩側橋面人 孔各一處。而各箱室間則設有 80cm×120cm 之人孔,可供互相連通。



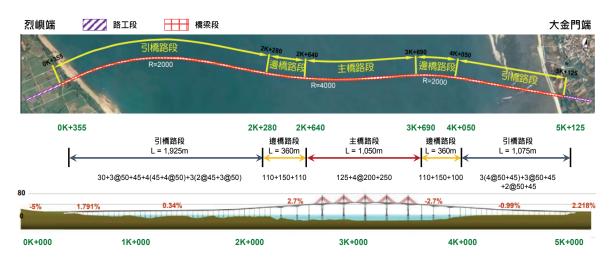


圖2 金門大橋工程概要圖[1]

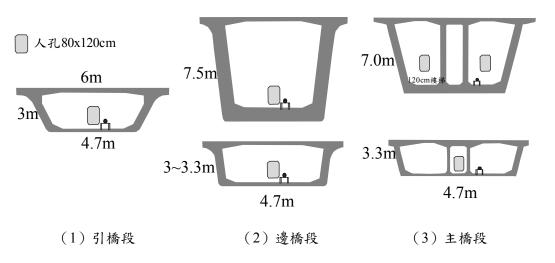


圖3 金門大橋箱梁斷面示意圖[1]

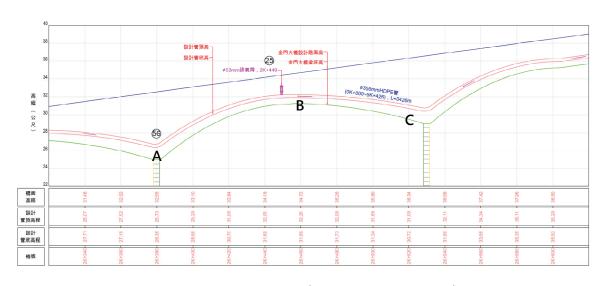


圖 4 金門大橋縱斷面圖 (里程 2K+340~2K+600)



#### 四、附掛管線規劃與設計

本案附掛管線以金門大橋兩端陸域之 橋台為起訖點,沿箱梁內部逐一建置,總長 約4,763m,為因應各箱梁伸縮縫處所預留之 變位空間,再分別銜接橡膠可撓管;而為避 免局部高點之空氣囤積,影響水流行進,沿 線亦配置多具排氣閥。茲就相關規劃與設計 細節,分述如下。

#### (一)水理條件

依據本廠 107 年 5 月核定之「金門地區 整體供配水管網規劃暨自來水設施新建及 改善工程」規劃報告書四,附掛管線送水內 徑採用 4 300mm, 以滿足配水區目標年(125 年) 之最大日需水量 5,346 噸,而最小流速 不得低於 0.6m/s,以防止管內沉澱形成;最 大流速則不得高於 3.0m/s, 使避免管壁遭受 嚴重沖刷而縮短使用年限。在地勢容許下, 輸水管流速採 0.8~1.8m/s 範圍內,本案工程 之設計流速約為 0.875m/s。

#### (二)管材選用

送水管材之選用,一般需考量(但不限) 購置成本、材料性質、施工難易等因素。其 中購置成本佔管線工程經費相當比例,應依 據基本需求與預算額度妥適選用,以發揮最 佳經濟效益。而材料性質係指管線應能抵禦 各種物理與化學損害,如內壁不受水中酸鹼 物質侵蝕或釋出危害物,外壁則能抵抗載 重、日曬、腐蝕或鹽害等環境破壞。有關施 工難易則指管線官具有質輕、易於搬運、接 頭構造簡單、裝卸方便等特性,使助於縮短 施工與維修時間。其它諸如水密性、使用壽 命等,亦為管材選用之重要參考。

依照前述管材撰用原則,並參照箱梁內 部工作環境,本案乃就一般常用之延性鑄鐵 管 (ductile cast iron pipe, DIP) 與 HDPE 進行 評估,有關此兩類管材之適用性比較,詳表 [3]。有鑒於金門大橋箱梁內部作業空間有 限,前期吊配搬運有賴管材之輕量化,故低 重量之 HDPE (22.3 kg/m) 較 DIP (50 kg/m) 具相對優勢;至中期裝接時,整體路由需因 應箱梁環境而有足夠施工性, HDPE 所具備 之良好延展性與撓曲度,以及其經熱熔對接 後仍能保有之偏位調整彈性,使其較剛硬之 DIP 更能符合實際需求;而至後期使用階 段,則仰賴管材對環境之抵禦,HDPE 優異 之耐酸鹼、抗鹽害、高水密與免塗裝等特 性,再凸顯其相對優勢,使其能為本案供水 運用提供較佳之服務性與可靠度。

#### (三)閥件配置

金門大橋計有 74 座箱梁與 17 處伸縮 縫,各伸縮縫允許之變量有16cm、32cm、40cm 與 72cm 四種規格。有鑒於箱梁係屬半密閉 空間,再因臨海環境畫夜溫差大,故 HDPE 甚難倖免熱漲冷縮之形變,且箱梁於車行、 強風、地震等外力作用下,再易有振動現 象。依自來水工程設施標準第62條第1項第 1款,「水管應採用耐於溫度變化、振動及地 震力之接頭」,而第 4 款再規定「過橋管在 橋台、橋墩部分應使用機械接頭等具有可撓 性及水密性之伸縮接頭,如因活載重而橋梁 有較大之撓度時,橋孔間亦應採用適當之接 頭」,因此,為避免 HDPE 因前述形變或外 力造成損壞,並保持足夠工作性,本案乃配 合於伸縮縫處設置 4 350mm 之橡膠可撓管 共 40 組,藉由其伸縮、可撓、偏位、拉脫



等特性,予以吸收調節,進而達到維護管線 安全之目的。按所用橡膠可撓管規格,其最 小偏位量為 20cm、最小伸長量為 40cm、最 小收縮量為 20cm、最小可撓角度為 6 度。

表 1 管材特性比較一覽

管材	高密度聚乙烯管 (HDPE)	延性鑄鐵管 (DIP)
設計、製造、 檢驗規範	CNS 2456	CNS-10808-G3219
標稱外徑	355 mm	300 mm
管厚	21.1mm	13.5mm
密度(t/m³)	0.95~0.96	7.3
壓力等級	PN10 壓力等級為 10 bar (=10.197 kgf/cm²)	K1 管壓力等級為 10 kgf/cm²
管材重量 (kg/m)	22.3	50
尺寸裁切	長度可訂製	標準管長 6m,其他 長度僅少數廠商願 意生產
防蝕塗裝	具優越抗蝕性, 且為不良導體, 一般無需額外塗 裝	管内:水泥砂漿襯裡(CNS-2313-A30 55)或環氧樹酯粉體 塗裝(CNS-1327 3-G3254)。 管外:柏油(型號: 中油-117C0200 500)。
接頭形式	電焊套熔接法、 熱熔對接法	K1 機械接頭、法蘭 對接法

因附掛管線係由陸堤埋設段貫穿橋台 背牆進入箱梁,並隨箱梁高程沿途起伏,如 圖所示斷面,依據自來水工程設施標準第59 條第1項所訂「導(送)水管管線局部最高 點,應裝設排氣閥附設制水閥」,故為避免 管內空氣聚積於局部高點導致水流阻塞,乃 於主橋及邊橋相對高點,陸續設置 13 只排 氣閥。該排氣段採用長 2m 之三通管件,於 內徑 4 313mm 之不銹鋼管 (Stainless Steel Pipe, SSP) 上焊接  $\phi$  50mm SSP 後,依續加 裝 2 吋法蘭另件與橡膠墊片,以及 SUS316 材質之彈性座封閘閥與排氣閥。

而為利於管內水體排洩,於大、小金門兩端 陸域最低點處,則分別設置 φ 100mm 之排泥 閥各1具,並連接至鄰近溝渠,以供日後作 業使用。

#### (四)管線支撐與固定

如圖 5 所示,附掛管線於規劃初期,原 擬直接安置於不銹鋼門型框架上,並採 U 型 箍環搭配螺帽進行鎖固,經檢討後,為避免 管底局部接觸點之應力集中與破壞,故再加 設 120 度弧型托架,並內襯橡膠墊片,以減 少可能之摩擦與刮損。而門型框架之設置, 係採 1.5m 之間距,底部螺栓則供局部高程調 整,以使管線銜接平順,待調整完畢後,再 以無收縮水泥封填,確保穩固無虞。

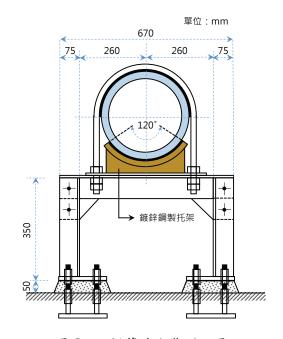


圖 5 附掛管線安裝剖面圖



#### (五)熔接方法與標準

為確保施工品質,本案 HDPE 熱熔對接 採用全自動電腦控制,藉以精準掌握各階段 熔接溫度、時間與壓力,而該電腦系統所內 建之自動紀錄器及印表機功能,亦能同步輸 出歷程數據,以供即時判讀。

有關 HDPE 熱熔對接,大致包括銑削、 加熱與合攏等步驟,相關執行細節及要求, 於各施工規範均有詳載,茲摘要如下鬥:

- 1.熔接斷面於銑削前,需清潔表面髒污或異 物,以防止銑刀損壞,同時避免銑削時遭 抛射,肇牛危險。
- 2.置入銑刀後開啟電源,將兩端管材緊併銑 刀並施予適當壓力,當兩端管材均有連續 性切屑出現後,撤除壓力並退開管材,而 後關閉銑刀電源、移除銑刀。

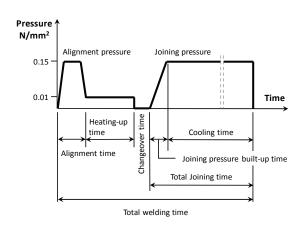
- 3.將兩端管材合攏,檢查對齊情況,其斷面 錯位量不可逾壁厚 10%, 若有, 可藉由調 整管材直線度和鬆緊夾具予以改善;此 外,管材接合間隙不可超過壁厚 10%,否 則應再次銑削,直至滿足需求。
- 4.將電熱板表面之灰塵與殘留物清除,同步 加熱兩端管材至額定溫度(200~220度), 而後迅速移除電熱板並將兩管材加壓接 合,直至兩邊最小熔珠卷邊寬度達規定值。

有關前述熔接過程所需接觸壓力、加熱 溫度與作業時間,依所採用之管材尺寸略有 不同,相關作業標準可參照 CNS 2456-1、 CNS2456-5 · CNS 15920 · ISO 11414 · DVS 2207-1 等規範。表 2、圖 6、圖 7 為節錄自 DVS Technical Code DVS 2207-1 之建議標 準,亦為本工程設置採用。

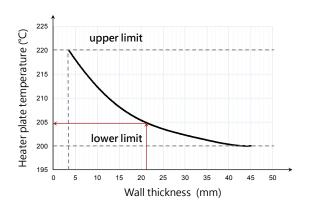
<b>ま</b> つ	劫炒料拉建議交數值	(於外部溫度 20oC 及溫和之氣流條件下) <sup>[5]</sup>
衣 乙	外 没 钉 任 廷 泯 灸 敦 恒	

1	2	3	4		5
Nominal wall thickness	Alignment	Heating-up	Changeover	Joining	
	Bead height on heated tool on the end of the alignment time (alignment p = 0.15 N/mm <sup>2</sup> )	Heating-up time = $10 \times \text{wall}$ thickness $p = \leq 0.01$ $N/\text{mm}^2$	Changeover time (Maximum time)	Joining pressure build-up time	Cooling time (minimum values) $p = 0.15 \text{ N/mm}^2$ $\pm 0.01$
mm	mm	sec	sec	sec	min
up to 4.5	0.5	up to 45	5	5	6
4.5~7	1.0	45~70	5~6	5~6	6~10
7~12	1.5	70~120	6~8	6~8	10~16
12~19	2.0	120~190	8~10	8~11	16~24
19~26	2.5	190~260	10~12	11~14	24~32
26~37	3.0	260~370	12~16	14~19	32~45
37~50	3.5	370~500	16~20	19~25	45~60
50~70	4.0	500~700	20~25	25~35	60~80





各階段熱熔作業之接觸壓力[5]

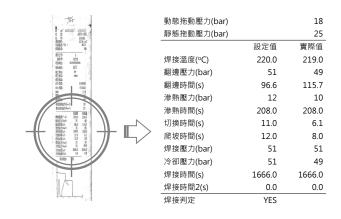


不同管壁厚度之熱熔溫度[5]

以所用管材外徑 4355mm、壁厚 21.1mm 為例,於銑削後之直線校正(Alignment)階 段,首先需施予 0.15 N/mm<sup>2</sup>之接觸壓力,藉 以檢視兩管材之錯位量與密合度是否符合 規範限度;於加熱(Heating-up)時,兩管段 則與電熱板間維持 0.01 N/mm<sup>2</sup>之應力並持續 190~260秒,使能充份滲熱,至符合要求後, 於 10~12 秒內迅速移除 (Changeover) 電熱 板並將兩管材合攏對接(Joining),且於 11~14 秒內將其間壓力增加至 0.15±0.01 N/mm<sup>2</sup>,俟 後即維持 1,440~1,920 秒 (24~32 分鐘),以供 兩管段充份接合與冷卻(Cooling),並產生 2.5mm 之卷邊尺寸。

圖 8 為完成單一熱熔操作後,由電腦系

統自動出具之報表,於該報表中明確記載操 作過程中各項壓力、溫度與時間,其中「設 定值、係指工作人員依規範要求預設予電腦 系統之參數,「實際值」則為受外部環境影 響下之真實數據,兩者稍具差異惟仍符合需 求。又表中壓力單位係配合原廠系統而採巴 (Bar) 表示,可透過 1 Bar = 0.1 N/mm<sup>2</sup> 進行 轉換。



熱熔對接成果報表

有關前述合攏對接(Joining)所應施予 之壓力 0.15 N/mm<sup>2</sup>無法於報表中直接判讀, 需配合焊接壓力、靜態拖動壓力、管材**截**面 積(221.33cm²)與油壓棒斷面積(2x6.28cm², 兩桿)換算,其中靜態拖動壓力係指熱熔機 為牽曳待接合之自由端管段所施加之應 力,該應力受管重、壁厚、摩擦阻力及其它 環境因素所影響。以圖8所示之焊接壓力51 Bar (5.1 N/mm<sup>2</sup>)、靜態拖動壓力 25 Bar (2.5 N/mm<sup>2</sup>)為例,於合攏對接時之接觸壓力為

#### 接觸壓力

= (焊接壓力 - 靜態拖動壓力) × 油壓棒斷面積 管材截面積

> =  $(5.1 \text{ N/mm}^2 - 2.5 \text{ N/mm}^2) \times \frac{2 \times 6.28 \text{ cm}^2}{221.33 \text{ cm}^2}$  $= 0.148 \text{ N/mm}^2$

上式結果與規範所訂 0.15±0.01 N/mm<sup>2</sup>大 致相符。

#### (六)穿牆保護

大橋縮縫處之結構牆面,設有尺寸不一 之開孔,以供各類管線穿越使用,而留予自 來水管線使用者,為口徑 φ 558mm 之圓孔。 為避免 HDPE 與該處壁面因摩擦肇生毀損, 本案工程乃採用彈性材料填充其間縫隙,以 達到保護與緩衝目的。

#### 五、施工紀要

本工程自 110 年 4 月 20 日開工,111 年 12月30日完工,有關附掛管線之熱熔銜接, 係配合金門大橋興建淮度逐段辦理。有鑒於 箱梁内部除自來水管線外,尚有電力、電 信、光纖固網、有線電視等,為避免施工界 面相互衝突,各單位實際作業時間乃經由工 作會議預先協商,後續再按分派期程逐次進 場。

為利工作順遂,承攬廠商於前期整備階 段,係先將所需管材藉由引橋段預留孔、橋 面版臨時工作井與未封閉箱梁開口處等,預 先投入大橋箱梁內,並以台車逐一搬運至沿 線空位暫置,以便於後期熱熔時可就近取 用,加速施工作業。

而為利於 HDPE 熱熔品質管控與追蹤, 各管段於合攏完成後,均於其接口旁標註口 徑、里程、日期、時間、人員代號等資訊, 以供成果報表查對檢閱。另有關水壓測試, 係以長度 600m、壓力 10 kg/cm<sup>2</sup>與持平 1 小 時為檢驗標準,然而於實際作業時可發現, 當進行 HDPE 內水壓加載時,其將不若 DIP

能迅速達成穩壓狀態,究其原因,主要係加 載過程管材本體亦同時承受相對應力,惟因 HDPE 材料彈性之故,使其易於徑向產生明 顯形變,進而導致通水斷面或容積擴大,連 帶延緩水壓號增甚有消減情形,此時需再重 複加壓或施予逾規範所訂 10 kg/cm<sup>2</sup> 之壓 力,藉由預留可能之壓降,以使穩定後之內 水壓力符合試驗要求。

圖 9 所示為附掛管線部分施工歷程,包 含投料、熱熔與試壓等;圖 10 則為各部件 之完工照,如管線全景、固定基座、不銹鋼 排氣閥、橡膠可撓管、過牆管彈性材填充、 箱梁伸縮縫等。



(1)引橋段投料

(2)工作井投料



(3)HDPE 熱熔對接

(4)水壓試驗

圖 9 附掛管線施工照片





(1)附掛管線(左)

(2)固定基座







(3)不銹鋼排氣閥

(4)橡膠可捧管





(5)過牆管彈性材

(6)箱梁伸縮縫

圖 10 附掛管線設施照片

#### 六、安全巡檢與緊急搶修

本案附掛管線完成後,由廠商負責一定 期限之保固,又為確保設施功能正常無虞, 則再要求廠商每季至少辦理一次明管段目 視巡檢,且應就執行成果提交書面報告,相 關巡檢範圍包含 HDPE 管線、可撓管設備、 排氣閥三通管件、道路等,而其內容則涵蓋 設備外觀、熱熔接縫、法蘭接頭、閥件功能、 漏水與否等。

大橋箱梁內部環境雖相對穩定,然而 HDPE 於週期性之熱脹冷縮、加載釋壓與共 振擾動下,依然潛藏損裂或漏水風險,為緊 急因變,仍需就該等破壞情事研擬解決對 策。有鑒於附掛管線於熱熔對接時,係以油 壓機械牽曳自由端管材,使兩斷面之接觸壓 力得於符合規範條件(0.15±0.01 N/mm²)下 緊密接合,今若需就損壞部分進行裁切與更 换,於現有工作條件下,已難再採用相同方 式。幾經訪尋現有市場可供替換物件後,今 暫以電焊套及機械接頭為折衷之搶修方案。

有關電焊套熔接之作業流程,如圖 11, 依序大致為(1)受損處切除、(2)切斷處標線、 刨削與清潔、(3)安裝新管及電焊套、(4)電焊 套熔接等步驟。而電焊過程所需性能參數, 可以電焊機之掃瞄器讀取焊套上之條碼(或 手動輸入),待確認加熱條件與標示相符 後,即可通電啟動並待自動完成;為確保熔 接品質,冷卻結束前應避免移動。

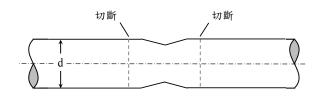
而機械接頭之作業步驟,與電焊套大致 相仿,包括(1)受損處切除、(2)管端、短管清 潔、(3)安裝機械接頭、(4)銜接與螺絲鎖固。 有鑒於以上論述僅為概要性說明,詳細流程 仍應參照操作指引或作業規範,以能達成預 期功效。圖 12 為電焊套與機械接頭修漏完 成示意照。

#### 七、結語

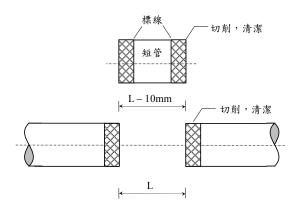
烈嶼地區(小金門)幅員狹小,先天資 源有限,再因對外交通與民生物資長期仰賴 船運支援,導致各方面發展均受限制。金門 大橋之興建與開通,除有利於改善當地交通 環境外,對於後續基礎建設、觀光旅遊與商 業發展等,亦將帶來實質效益。本廠為提升 該地區民生供水穩定度,分散既有海底管線 營運風險,於108年起乃配合金門大橋之興 建,規劃辦理附掛管線,工程主體自 110年 4月20日起依大橋箱室之推進逐段施工,並 於 111 年 12 月 30 日順利完竣。

附掛管線施工起訖歷經寒暑,夏季炎熱 氣候常使內部高溫達四、五十餘度,冬季凛 冽強風亦寒冷難耐,而近臨密閉空間所衍生 之昏暗、粉塵等工作環境,無疑再增添潛在 安全隱憂。本案工程能順利推動與完成,除

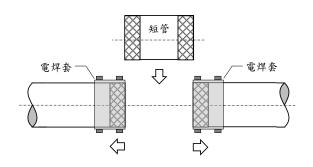
蒙各級單位技術指導外,亦有賴承攬廠商勠 力配合,始能達成本案供水管網串聯之重要 里程碑。本廠局負地區供水重賣,未來仍將 持續優化地區軟硬體供水設施,為提供民眾 優質好水而努力。



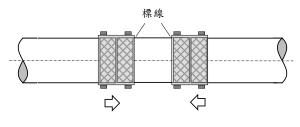
(1)受損處切除



(2)切斷處標線、刨削與清潔



(3)安裝新管及電焊套



(4)電焊套熔接

圖 11 電焊套修漏作業流程示意





(1)電焊套

(2)機械接頭

圖 12 電焊套與機械接頭修漏完成照

#### 參考文獻

- 1.交通部國道新建工程局,金門大橋工程設計報 告,2012年11月。
- 2.金門縣自來水廠,「金門地區整體供配水管網 規劃暨自來水設施新建及改善工程」委託技術 服務案規劃報告書,2018年5月。
- 3.金門縣自來水廠,「金門大橋橋樑附掛自來水 管工程」規劃及基本設計作業成果,2020年7 月。
- 4.台灣自來水股份有限公司,自來水用高密度聚 乙烯塑膠管(HDPE)試辦規範,2021年2月。
- 5.DVS technical code, Welding of thermoplastics heated tool welding of pipes, pipeline components and sheets made of PE-HD, DVS 2207-1.

#### 作者簡介

#### 黄仁國先生

現職:金門縣自來水廠工務課課長

專長:水理分析、工務管理

#### 盛佑鼎先生

現職:金門縣自來水廠副廠長

專長:環境工程

#### 張武達先生

現職:金門縣議會總務主任、前金門縣自來水廠廠長

專長:水務管理



## 北水碳盤查範疇 3 估算碳排方法論

#### 文/黄欽稜、楊敏華、陳品叡

#### 摘要

本文透過 Apple 公司的碳盤查報告介紹 排碳的三個範疇(Scope),並由極高的範疇 3 排碳量說明其來源及分類。因 Apple 自 2015 開始進行全面性碳盤查,面對當年 3,840 萬 噸的高排碳,擘劃了淨零路徑,並由最大排 放源著手,制定上游供應鏈管理措施,7年 之後排碳下降至 2,030 萬噸,然而 Apple 體會 只靠减碳不足以淨零,將於 2023 年起逐步增 購碳權進行抵碳,期望於2030年淨零。北水 過去僅自行盤點範疇 1、2 的排放量,並未 跨入範疇 3, 也未通過第三方查證, 為了接 軌國際標準,ESG 委員會決議委託廠商輔導 建立盤查體系,協助全範疇的盤點,並預計 於 2025 年取得組織型盤查的第三方查證聲 明。本研究參考國內外經驗與 ISO14064-1: 2018標準,提出了未來跨入範疇 3應該納入 的三項重大排放源,並且提出估算排碳的方 法論。

關鍵字: ESG、範疇 3、碳盤查、ISO14064-1

## 一、企業上下游的間接排碳量

若不經過仔細盤查,可能會低估間接排 放的總量。大多數事業皆了解用油的直接排 碳與用電的間接排碳,但卻難以理解其他間 接排碳是什麼,而這一部分的排碳佔比有時 候因為事業的屬性高到驚人,不可乎略,用 油用電的排碳反倒微不足道。以下 Apple 公 司的盤查報告就是一個例子:

Apple 公司 2023 年的環境進展報告書

(Environmantal Progress Report)揭露了該公司 2022年的盤碳、減碳與抵碳的整體碳足跡。 詳圖 1 所示, Apple 先以 3 個範疇(Scope)羅 列排碳,為了更清楚展示碳足跡,再拆解為 7 大項,屬於企業端的碳足跡放在左側,屬 於旗下所有產品的碳足跡則放在右側,2022 年的淨排碳量高達 2,030 萬噸,因為 Apple 企業總部並不生產,僅做晶片設計、產品工 業設計與運籌管理,故企業端的排碳量極 低,不到2%,其中範疇1(直接排碳)、範疇 2(用電間接排碳)幾乎可以忽略不計,與透過 這兩個範疇排放為主的傳統製造業非常不 一一。

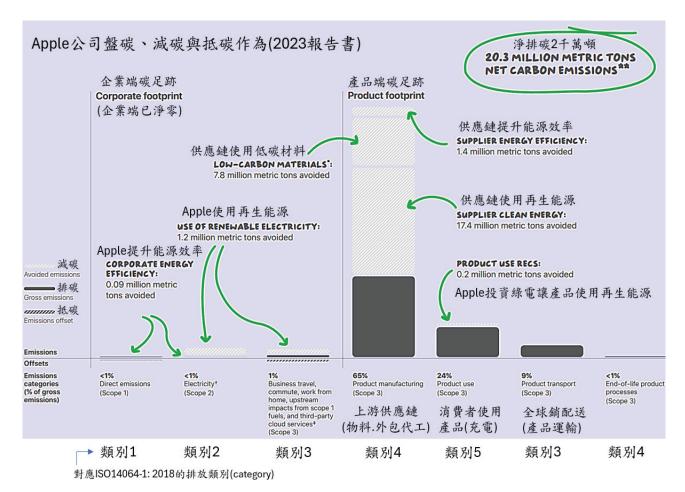
Apple 產品端的排碳量則高達 98%以 上,全部屬於範疇 3(其他間接排碳),由於 Apple 的產品皆於國外代工製造,使用的供 應鏈原物料也是來自海外, 所以生產過程的 排碳不屬於範疇 1 的直接排放,製造的用電 也不屬於範疇 2 的排放, 須全部歸屬於上游 供應鏈的排碳,佔了 Apple 全年排碳的 65%, 排名第一。另一個排放大宗為下游消費者使 用 Apple 產品的耗電,排名第二,佔 24%的 排碳量,而全球銷配送 Apple 產品的運輸排 碳則排名第三,佔了 9%。

新版的 ISO14064-1:2018 組織型溫室氣 體盤查標準不再使用 3 個範疇(Scope),而是 改用更細緻的 6 個類別(Category), 若按照新 版的分類, Apple 的上游供應鏈排碳屬於類 別 4、消費者使用產品為類別 5、產品運輸



為類別 3。圖 1 將新版各分類標註於下方供 參。Apple 公司自 2015 年就開始進行完整碳 盤查,為了報告的一致性,迄今仍沿用舊版 的 3 個範疇,雖未套用新版的 6 個類別,但 其拆解為7大項的展示方法與細緻度,已經 與新版無異了。

完整的盤查很重要,關係到基線 (Baseline)的建立,如果按照過去業界的做 法,僅關注範疇 1 及範疇 2,卻漏掉了範疇 3,如此建立的基線將過分低估排碳量,導 致後續設定淨零路徑與減碳、抵碳措施錯估 情勢。臺灣 2016 年版的「溫室氣體排放量盤 香登錄管理辦法」只考量範疇 1,2023 年修 法後再納入範疇 2,並引入第三方查驗機 制,避免企業自行盤查隱匿排放量,隨著淨 零的國家政策趨勢,需要完整的排放管制, 並接軌 ISO 國際標準,未來肯定會納入範疇 3,要求受列管之事業進行完整碳盤查,並 取得第三方查證聲明。而金管會為接軌國際 財報準則(IFRS),已經公布了執行藍圖,要 求上市櫃公司揭露內容必須包含範疇 3,並 須經第三方查證,將自2026年分3階段導入。



Apple 公司 2023 年的碳盤查報告,範疇 3 排放量佔總排放量的 98%以上,主要來源為產品端的 上游供應鏈使用原物料、代工生產的排碳,而企業端的範疇 1、2 排碳佔比極低

以 Apple 為例,因為有了完整盤查,先 鎖定範疇 3 的上游供應鏈為最大宗排碳來

源,2015年制定了供應鏈管理措施,要求其 代工廠商、原物料供應商必須揭露排碳數



據,並且使用再生能源、低碳材料,才能成 為蘋果供應鏈的一員。此外 Apple 的淨零路 徑(Road Map)依據完整盤查獲取正確基線 (Baseline)排碳量,理解只靠減碳無法淨零, 必須增加抵碳的措施,於2023年起逐年增加 抵碳量,詳圖2,下半部灰斜線的面積愈來 愈大,以抵消上半部黑色面積的排碳,也就 是只要求上游供應鏈減碳還不足以淨零,因 為有製造就會排碳,除非關廠停止生產商 品,認清事實的 Apple 於是著手規劃投資國 際碳匯市場、綠能產品,藉以取得碳權用於 抵消排碳量。

如果 Apple 只關注範疇 1、範疇 2,不考 慮範疇 3,也不找第三方查證其盤查報告, 則自行盤查的基線排碳量將嚴重低估,縮水 100倍,可於2018年逕自宣告達成淨零。所 幸 Apple 公司決策高層很早就認知淨零必須 依照國際標準,他們生產手機是世界性流通 的,公司是國際性的品牌,應當接軌國際標 準進行完整盤查,並依據盤查的結果制定淨 零路徑,最後 Apple 大膽設定淨零年份為 2030年,足足超前了臺灣 20年。

## 二、北水處範疇3盤查方法論簡介

北市府與北水處的政策均為 2050 年達 到淨零,因此依據完整碳盤查設定 Baseline, 再據此畫出一條至2050年淨零的下降線,方 能設定各年度的碳預算額度、以及減碳抵碳 目標。由於過去北水處僅自行盤查範疇 1、 節疇 2, 並未考量節疇 3, 故所得排碳量數 值偏低,且未經第三方查證,應當認列的排 放源或盤點的方法也不符合國際標準。有鑑 於此,北水處 ESG 委員會已經決議委託專業

廠商以 ISO14064-1:2018 輔導北水進行組織 碳盤查,規劃於 2025 年盤點 2024 年的排放 量清冊並取得第三方查證。透過這次委外輔 導盤查,正式接軌國際標準,雖然排碳量不 可避免地暴增,但也可藉此機會確實盤查範 疇 3 的排放量,建立正確的 Baseline,據此 設定未來 ESG 執行策略與 Road Map,以期 達成 2050 年的淨零目標。

因為參考 ISO 標準, 首要的工作就是建 立「盤查體系」,打造品質管理與資訊管理 的程序與組織,讓盤查報告具有穩定性與再 現性,並且可追溯數據來源。於定義組織盤 查邊界(Boundary)之後,依據類別 1~6 的項目 開始蒐集資料,透過既有或新創的方法論, 以科學的手段進行排碳量估算。為求盤查穩 定性、讓北水處的 Baseline 不會飄動,盤查 邊界的設定最好一次到位,不可僅匡列部分 場站而遺漏管網設備,建議參考營業章程的 「用戶水表為界」,以一樣的定義劃設盤查 邊界。另一個維持盤查結果穩定性的重點, 就是重大排放源鑑別,類別3~6裡面肯定有 某些排放量較大的項目,必須全部納入計 算,排放量微不足道的項目可依照 ISO 標準 予以排除。重大排放源全數囊括後,再選擇 適合的方法論估算排碳量。

筆者認為估算方法論的重要性僅次於 重大排放源鑑別,以 Apple 為例,該公司前 三大排放源非屬公司內部可直接取得的數 據,依據盤查的國際標準,必須以科學的方 法論(Methodology)合理估算,方能通過第三 方(Apple 委託 APEX Inc.)的查證,其中類別 4(上游供應鏈)及類別 3(產品運輸)有一定的 評估方法,也可參考其他企業既有的做法,

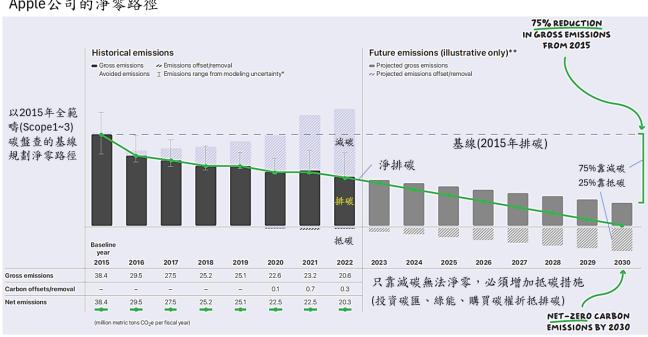


方法論具某種程度的共通性,但仍要稍做微 調以符合 Apple 的情況,然而類別 5(下游消 費者使用產品的排碳),因產品是 Apple 自有 的,沒有文獻或前例可供參考,必須自行建 が、Methodology。

類別1的直接排放與類別2的用電間接 排放,無論排放量再怎麼少,都須納入盤 查,而類別 3~6 則可依據 ISO 規定實施重大 排放源鑑別,量大的納入、量少的排除。其 中北水類別3的所有項目,本研究評估為非 重大排放源,可以忽略不計。例如類別3-員 工通勤商旅,依照其他公司的經驗,大多屬 於微不足道的項目,除非公司型態屬於需要 密集出差、拜訪顧客的行業,如房仲業、保 險經紀人業等,此時類別3就是重大排放源 了。類別3-上下游貨物運輸,北水處上游原 水以重力入流,不消耗能源,而下游配送使 用水泵加壓,並不使用車輛或船舶等送貨 (水),但水泵加壓耗能已經於類別 2-輸入電 力算過一次,這裡不須納入以免 Double Counting o

本研究列出了三項較高的排放量,於重 大排放源鑑別程序中,必須保留下來予以盤 點排放量,分別是類別4-購買電力、類別4-資本投資、類別 5-下游用戶使用自來水的耗 能。詳圖3所示。

其中類別 4-購買電力,乍看之下似乎已 經於類別 2-外購電力算過一次了,事實上, 類別2只計算了電廠本身發電的排碳,使用 的碳係數大約0.5 kgCO2e/kWh(需參考產品碳



Apple公司的淨零路徑

註:Apple使用ISO14040/14044涵蓋產品生命週期,對公司與產品進行碳盤查,並取得第三方APEX公司查證聲明

Apple 公司的淨零路徑,前半期以要求供應鏈減碳為主,後半期只靠減碳無法淨零,故改以投 資碳匯、綠能、購買碳權折抵排碳為主,規劃於 2030 年達成淨零目標



(以2023年數據計算)

範疇1	範疇2	範疇3			
類別1 直接排放與移除	類別2 輸入能源	類別3 運輸	類別4 組織使用上游產品	類別5 下游使用組織產品	類別6 其他
(1)固定燃烧 (2)移動燃烧 (3)製程使用 (4)自然逸散 (5)土地利用 (變更/林業)	(1)輸入電力 (2)輸入能源 (蒸氣.加熱. 壓縮空氣等)	(1)上下游貨運 (2)員工通勤 (3)訪客運輸 (4)商務旅行	(1)購入商品 (2)資本投資 (材料.包工.貨物) (3)廢棄物清運 (4)委外服務	(1)使用產品 (2)下游出租 (3)產品報廢 (4)下游投資	前述未包含之部分
微不足道 (仍需揭露)		範疇3時,應 重大排放源:	0.95萬tCO2e(實際) 類別4-購買電力 類別4-資本投資 ?萬tCO2e(待估算)	類別5- 下游用戶使用 自來水的耗能	`3.59萬 tCO2e (已估算)

圖 3 三個範疇(Scope)與 6 個類別(Category)的對照表。本研究建議北水跨入範疇 3 的領域後,應該納 入三個重大排放源,並以 2023 年數據計算及估算出其中兩個排放量

足跡資訊網最新數據),而類別4-購買電力, 則需考量電廠上游開發活動、原料運輸,以 及下游電網輸配管理等的間接排碳,使用的 碳係數約 0.1 kgCOze/kWh,大約為類別 2 使 用的碳係數之 20%,排碳量很高,因此本項 不能忽略,屬於重大排放源。若以北水 2023 年類別2使用0.95億度電力,乘上碳係數0.5 換算排碳量為 4.75 萬噸,接著在類別 4 就要 自動將外購電力 0.95 億度乘上排碳係數 0.1 kgCO2e/kWh,換算排碳量為 0.95 萬噸。

類別 4-資本投資,這一部分的排碳主要 來自北水每年固定資產投資,如備援備載、 管網改善、設施整備各標案的委外施工、使 用的鑄鐵管、柏油、水泥、鋼筋…等排放量。 盤點的方法論已經有其他單位的經驗可參 考,例如水利署依據 ISO14067 制定的「水利 工程減碳作業參考指引」,是一個可操作的 Methodology,巧妙運用工程預算書編制系統 内的工項編碼架構,由人機料等底層編碼的 排碳係數組合為詳細價目,算出上層單價的 排碳係數,便可乘上活動強度(估驗或結算 數),得出一標工程最後排碳總量,也可在設 計階段概估各單價可能用到的數量,乘上各 單價的排放係數後得到整個標案排碳預算 數,如果排碳過高,可選擇低碳的工法、或 使用低碳材料,更改設計項目後再計算一 次,直到排碳低於目標。

目前北水處正在蒐集相關工程碳係 數,並修改既有標案管理系統,讓工項編碼 架構多一欄碳係數。由於管網改善工程的材 料為北水自購,因此尚需修改物料管理系 統,能將各種水管材料的碳係數建置進去, 具體作法為取得每公斤鑄鐵的排碳量,再換 算為各口徑直管、另件等材料編號的碳係

數,以程式自動輸入系統,不銹鋼管或閥類 也將比照辦理。若屬連工帶料的工程,水管 材料將全部由工項編碼架構處理碳係數,不 涉及物料系統,作法更為簡單。

為何本研究認為類別4-資本投資屬於重 大排放源?雖然系統尚未建妥也未完成上 述計算,還不知道排碳量,但由北水近年平 均年營收大約70億元,支出約60億元,固 定資產投資金額約30億元,即OPEX:CAPEX = 2:1, 而 OPEX(經常門)有很大的比例是人 事費,人不會排碳,但 CAPEX(資本門)卻大 部分轉化為管線材料、柏油鋪設與 RC 構造 物等高排碳物質,所以前者的 Operational Carbon(營運碳)不一定比起後者的 Capital Carbon(資本碳)或 Embodied Carbon(蘊含碳) 來的高。因此進行重大排放源鑑別時,上述 的說明將支持本項納入盤點,即便還沒算出 排碳量,都不能排除本項。

## 三、北水用户使用自來水的耗能為何 ?究竟排放多少碳?

前述兩個重大排放源皆有方法論可 估算,而且其中一個已經算出排碳量,但第 三個重大排放源:類別 5-下游用戶使用自來 水的耗能,亦即使用產品(自來水)的排碳為 何?由於欠缺文獻,且估算法也需考慮臺北 的建物水池間接供水模式,與國外直接供水 到3樓以上的情況稍有不同,國外的方法論

或許也不適用,在遍尋不著可用方法的情況 下,本研究開發了新的評估方法論,經過計 算得到不可忽視的高排碳量,確認屬於重大 排放源,因此必須納入盤點項目。介紹如下:

臺北供水到用戶端並非直接送入水龍 頭,而是僅送入地下室水池,再讓民眾以水 泵抽送到頂樓,然後重力供應到各戶水龍 頭,屬於間接供水模式,因為民眾必須額外 耗用電力抽水,才能使用北水的產品(自來 水),其耗能排碳必須計入北水的類別 5-下游 用戶使用自來水的耗能,以 ISO 的術語,北 水邊界外的下游民眾直接排碳,就是北水邊 界內的間接排碳。(別人的直接,要算在你 的間接)

某些都市採用直接供水,水廠加壓的水 壓高達 30m 以上, 導致類別 2-購入電力的排 碳很高,但因為直接供水,其下游用戶就幾 平不需要透過水泵抽水到頂樓,民眾沒有直 接排碳,當然水公司也沒有間接排碳了,因 此水公司在類別 5-下游用戶使用產品(自來 水)的排碳就很小。東京都水道局就符合此情 境,因東京高水壓政策,類別2排放量大, 但類別5排放量小很多。相反的, 北水處為 了漏水管理,採用低水壓政策,類別2排放 量小,而類別5就會高很多。

計算用戶水泵抽水到頂樓的耗能可由 下列公式得出:

$$E = \sum_{i=1}^{n} (m_i * g * h_i) = g(m_1 * h_1 + m_2 * h_2 + \dots + m_n * h_n) \cdot \dots \cdot (1)$$

其中:

E為耗能。單位:焦耳(Joule)

 $\mathbf{m}_{i}$ 為第 i 顆水表於一整年的用水量。單位:公斤(kg),註 1 度水=1000 kg



 $\mathbf{h}$ ,為第 i 顆水表後方的頂樓水塔高。單位:公尺 $(\mathbf{m})$ 

**g**為重力加速度 9.81。單位 m/s<sup>2</sup>

n為水表後方有頂樓水塔並使用水泵抽水的水表顆數(n =總表+50mm 以上大口徑直接表數量)



於內政部國土測繪中心的「多維度國家空間資訊服務平台」,透過平台的篩選功能框選北水轄區 3D建物模型,匯出 CSV 檔案後可於其中一個欄位取得建築樓高的序列

使用(1)式計算耗能,可對每一顆水表擷 取整年水量<sup>mi</sup>,然後再由GIS水表坐標落於 都發局底圖建物 Polygon 內,抓取建物樓層 高,再加上 3m 成為水塔高 $\mathbf{h}_i$ 。然而 GIS 中 水表大多設置於建築線邊緣,其坐標不一定 與建物最高樓層的 Polygon 對齊(詳圖 5),抓 到的樓層高經常是遮雨棚高、空地違建高、 導致誤差不斷累積,最後加總起來的總能量 過分低估。有鑑於此,本研究透過公式推 導,將每顆水表與每棟建物各自相乘再加總 的(1)式,轉換成統計參數相乘相加的式子:

$$E = \sum_{i=1}^{n} (\mathbf{m}_{i} * \mathbf{g} * \mathbf{h}_{i})$$

$$= \mathbf{g} * \sum_{i=1}^{n} (\mathbf{m}_{i} * \mathbf{h}_{i})$$

$$= \mathbf{g} * \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n} (\mathbf{m}_{i} * \mathbf{h}_{i})}{n} \right] * n \dots (2)$$

$$-g * E[m * h] * n ... ... (3)$$
  
= g \* (\(\mu\_m \* \mu\_h + \rho \* \sigma\_m \* \sigma\_h) \* n ... ... (4)

上列的推導關鍵在於(2)式的中括號內 為m\*h的平均,可寫成期望值運算式, E[m\*h], 其中E[ ] 為期望值運算子,接著 將第(3)式運算子展開為統計參數:

$$E[m*h] = \mu_m * \mu_h + \rho * \sigma_m * \sigma_h$$

代入後得到第(4)式,其中:

 $\mu_m$   $h^n$  m  $h^n$  m  $h^n$   $h^$ 

h為<sup>n</sup>顆水表後方水塔高 h 序列的平均值。

**☞** 為 **™** 類水表年用水量 m 序列的標準差。

 $\sigma_h$ 為n顆水表後方水塔高 h 序列的標準差。

₽為<sup>n</sup>顆表(m,h)數對序列的皮爾森相關係數。

醫與™同(1)式的定義,這裡不再重複說明。

上述第(4)式全部變成統計參數,因為是 各別計算統計值再一次性相乘及相加,不會



如同(1)式的各別相乘相加,導致各表的誤差 不斷累加放大。

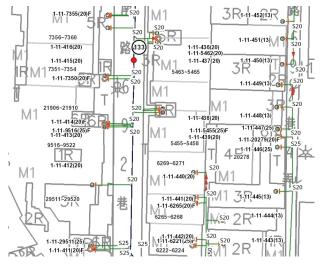


圖 5 GIS 水表坐標與建物 Polygon 對齊度差

## 四、套用本研究方法論估算北水下游 用戶抽水總耗能的四個步驟

#### (一)取得 m 序列以計算 Lm、 Cm並求取 Tm

於水費系統匯出的 2023 年所有總表與 直接表口徑大於 50mm,且用水度數不為零 者,兩者水表數量共計n = 125,044 只,而 這12萬只水表一年的用水為 m 序列(度數須 乘 1000 成為公斤),計算序列平均值與標準 差得 <sup>μ<sub>m</sub> = 2,706,849 kg、 <sup>σ<sub>m</sub> = 6,709,017 kg。</sup></sup>

#### (二)取得 h 序列以計算 L 、 T 。

於內政部國土測繪中心的「多維度國家 空間資訊服務平台」載入112年臺北市、新 北市的 3D 建物模型, 詳圖 4, 再於應用分析 的篩選功能中,框選北水供水轄區的 3D 建 物(註:國土的系統每次僅能框選7平方公里 的面積,一共分了 33 次框選才取得北水轄 區所有 3D 建物), 匯出的 CSV 檔其中有一欄 為建物高度,去掉2樓以下可能為低矮建物 (水壓可直接供水)、農舍違建等(不得接水), 再加上 3m 成為水池高,對此欄計算平均值

(三)取得(m,h)數對序列以計算 $\rho$ 

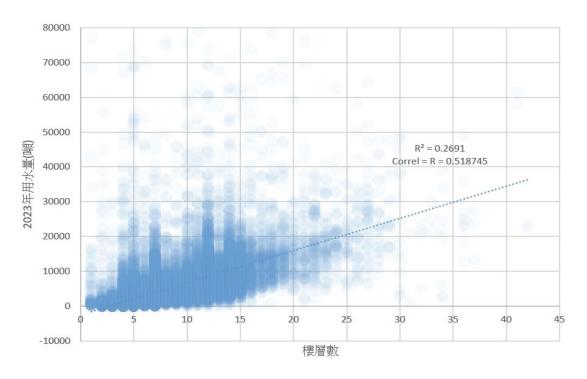
於水費系統匯出 2023 年總表與背後分 表資料,若分表地址有樓層數的資訊,就抓 取通過總表的分表群中最大樓層數 f,與總 表一年的用水量 m,即可得到數對(m,f),樓 層數乘上每層 a 公尺再加上 3m 即為水塔高 h , 即(m, h) = (m, a\*f+3) , 因為相關係數 p=Correl(m, a\*f+3)與計算p=Correl(m, f)結 果相同,這裡以後者(m, f)數對序列計算得 ~ =0.518745。其中 Correl 可使用 MS Excel 的函數。也正好等於趨勢線的 R2 的開根號, 即 R,如圖 6 所示,用水量與樓層數呈現 中度正相關性。

#### (四)考慮水泵效率 eff,得到用戶耗電 E/eff

由文獻<sup>[4]</sup>,使用中的水泵效率 Eff 約介於 0.3~0.7 之間,因受到使用年份影響,eff 的範 圍很寬,由香港的研究[5] eff=0.678-0.015y, 其中 y 為使用年份,代表新安裝水泵 eff=0.678、5 年 eff=0.603、10 年 eff=0.528、 15年 eff=0.453、20年 eff=0.378。若臺北使用 中的水泵平均使用了 10 年,則 eff=0.528,以 水泵效率 0.53 帶入計算, 北水用戶年度抽水 至頂樓的耗電為:

 $E/eff = g * (\mu_m * \mu_h + \rho * \sigma_m * \sigma_h) * n/eff =$ 9.81 \*(2706849 \*25.214 + 0.518745 \*6709017 \*12.801) \*125044/0.53 = 261,078,181 M Joule • 以 3.6 MJ = 1 kWh 換算, 北水用戶抽水的年 耗電量 72,521,717 kWh。乘電力係數 0.495 kgCO2e/kWh 得排碳量 35,898,250 kgCO2e = 3.59萬 tCO2e。相較類別2-購入電力排碳4.75 萬 tCO2e,民眾水泵耗能極高,不可忽略。





用水量與樓層數呈現中度正相關性, P=R值,為0.518745,即樓層愈高、用水愈多

至於用戶端以家電加熱自來水、逆滲透 產水等耗能,是否也算在北水類別 5 的帳 上?事實上,但這些用電屬於使用家電的耗 能,應該歸類於熱水器、熱水瓶、微波爐… 等產品製造商的類別 5, 而不能算在北水的 類別 5。因為北水類別 2 的購入電力用於輸 送自來水,及類別5用戶端抽水到頂樓,這 兩個是必要的耗能,水公司才可把自來水 「交付」給使用者,所以要綑綁在一起算為 水公司的間接排放。至於使用電器加熱、冰 箱冷凍、逆滲透過濾產水…等、就不屬於水 公司交付自來水的必要耗能了,這些間接排 放要算入家電廠商的類別 5,屬於他們的「產 品碳足跡」。

那麼北水支援台水的水量也要考慮類 別 5 用電抽到頂樓的耗能嗎?不用,這部分 的耗能必須算到台水的類別 5。當北水的支 援水量送入台水之後,因為由台水負責配送 到用戶,就屬於台水的產品了,所以台水的 用戶抽送頂樓耗能,就不能算到北水這邊 了,不然會有重複計算(Double Counting)的問 題。而且台水因為購買北水的支援水量,依 照 ISO 盤杳標準,北水將成為台水的上游供 應鏈角色,當台水盤查碳排時,北水的支援 水量成為台水的「購入商品」,必須在其類 別4對這些購入水量乘上一個碳排係數,此 係數為北水的每度水排碳量,由北水提供, 也就是北水為台水的上游廠商,台水購入其 產品將承受間接排碳,當然台水也可比照 Apple 公司,對上游供應鏈進行管理,要求 北水揭露每度水排碳,更可建議北水採取減 碳措施。

## 五、結論與建議

事業碳盤查跨入範疇 3 就是與國際接 軌,因此必須依照國際標準 ISO 的盤查方 式,誠實面對可能大幅增加的排碳量,而非 自行刪減盤查範圍、甚至故意隱匿,如此將

無法通過第三方查證,更無法依據完整的盤 查結果設定正確的 Baseline、採取適當的淨 零路徑。

本研究提出的3項重大排放源及估算排 碳量的方法論,十分適合自來水事業使用與 參採,尤其是首度提出的類別 5-下游用戶使 用自來水的耗能估算法,為一個可操作的 Methodology,能透過資訊系統自動計算年度 的排碳量,具有可靠性與再現性。

對於類別 4-資本投資的排碳量,則可參 考水利署「水利工程減碳作業參考指引」的 方法論,結合工項編碼系統架構,產出各工 程標案的 Capital Carbon(或 Embodied Carbon)。若機關 CAPEX 的投資金額龐大, 這一塊的排碳量可能不容小覷,為重大排放 源。

另外類別 4-購買電力的排碳量,則是過 去容易忽略掉的重大排放源,但計算上十分 簡便,使用的碳係數為考慮台電電廠上游開 發活動、原料運輸,以及下游電網輸配管理 等的間接排碳,係數大約為 0.1kgCO2e/度電。

至於機關開始進行盤查活動,首要仍須 建立可持續性的「盤查體系」與品質管理、 資訊管理系統,並與專業廠商、或機關內取 得碳盤查查證員資格的同仁,研究討論是否 仍有遺漏的排放源、盤查邊界的設定最好一 次到位,避免爾後調整邊界或納入更多排放 源導致排碳量暴增、Baseline 不穩定的窘境。

#### 參考文獻

1.ISO 14064-1:2018. Greenhouse gases Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas

- emissions and removals (組織層級溫室氣體排放 與移除量化及報告)
- 2. Apple, 2023 Environmental Progress Report.
- 3.內政部國土測繪中心三維國家底圖:多維度國 家空間資訊服務平台官方網站。( https://3dmaps.nlsc.gov.tw/FrontMap/)
- 4. Souza, D.F.d.; Guarda, E.L.A.d.; Sauer, I.L.; Tatizawa, H. "Energy Efficiency Indicators for Systems Water Pumping in Multifamily Buildings", Energies 2021, 14, 7152. https://doi.org/10.3390/en14217152)
- 5.L.T. Wong, K.W. Mui, C.P. Lau, Y. Zhou, Pump Efficiency of Water Supply Systems in Buildings of Hong Kong, Energy Procedia, Volume 61, 2014, Pages 335-338, ISSN 1876-6102. https://doi.org/ 10.1016/j.egypro.2014.11.1119.

#### 作者簡介

#### 黄欽稜先生

現職:中華民國自來水協會青年事務部副主任委員、 臺北自來水事業處一級工程師

專長:漏水控制、數值分析、智慧水表、水理分析、 人工智慧、碳盤查

#### 楊敏華女士

現職:臺北自來水事業處技術科三級工程師

專長:管網改善、內線審圖、碳盤查

#### 陳品叡先生

現職:臺北自來水事業處技術科四級管理師 專長:地理資訊系統、人工智慧、資料庫



## 台水檢漏實習場建置與場外訓練規畫

#### 文/林子立、蘇隆盛、何英魁

#### 摘要

台水公司 1980(民國 69)年 9 月黎明員工 訓練大樓完工啟用,並設有漏水檢測訓練場 地,惟約於 2000(90)年代,其漏水聽音訓練 之地下漏水外滲於場外路面難以改善,遂僅 以課堂教學為主。2015(104)年新營訓練園區 興建計畫之檢漏實習場,係參考日本東京都 水道局研修開發中心實作訓練場地規設,專 責於漏水聽音之實習場,面積 300m<sup>2</sup>亦比照 規設。

惟嫡逢台水公司降低漏水計畫推展 期,故考量整體實習場除規設的基礎漏水音 訓練外,應以「提高售水率」為主軸,亦即 再將小區基礎作業工法及非漏水的竊水及 不明管檢測等納入建置,並輔以訓練園區鄰 折既有的都會型及鄉村型小區為場外實作 訓練場域,利於學員汲取實務經驗,故徵調 實務經驗豐富之檢漏等共三員,親身參與並 歷經二年餘,完成檢漏實習場建置。

關鍵字:檢漏、降低漏水、提升售水率

#### 一、前言

台水公司員工訓練所於 1974(民國 63)年 10 月成立,為公司人事室之附屬單位, 1980(69)年 9 月黎明訓練大樓完工啟用後, 設立一級專責之『台灣省自來水公司員工訓 練所』,並設有漏水檢測之訓練場地。惟約 於 2000(90)年代,其實測聽音訓練之地下漏 水有外滲於場外路面,經民眾抗議,又難以 改善,遂不再辦理實場漏水聽音訓練,僅以 課堂教學為主。

惟適逢台水公司 10 年(2013 至 2022 年) 降低漏水計畫推展期,該計畫包括小區管網 建置,故總處業管漏水防治處,考量整體實 習場除規設的基礎漏水音聽訓練外,應以 「提高售水率」為主軸,遂將小區基礎作業 工法及現場聽音有疑似非漏水的竊水及不 明管檢測等納入建置,並輔以訓練園區鄰近 既有的都會型及鄉村型小區為場外實作場 域,利於學員汲取實務經驗,故其後之建 置,均由業管處所轄三人為團隊,親身建置。

#### 二、功能擴增

自來水員工訓練園區興建工程2018年3 月於六區處轄管的新營開工,歷經三年七個 月,於 2021 年 10 月完成驗收,其內之測漏 實習場為一棟一樓 RC 結構,面積 450 平方 公尺(30\*15M), 係參考日本東京都水道局研 修開發中心實作訓練場地規設,專責於漏水 聽音之實習場。

總處業管漏水防治處,接獲工程單位通 知該測漏實習場主體結構已完成,即將進入 管線埋設階段。經漏水防治處內部評估,因 應本公司推展中的 10 年降低漏水計畫及提 升售水率之需,應將僅有的漏水聽音功能, 擴增至五項相關技能訓練,內容包括:

(一)簡易檢漏:屬廠所修漏、小區及供水調 配等裝修類之管線業務者,均應具備的 簡易漏水檢測技能。

- (二)基礎檢漏:為專業檢漏人員應備各類儀 器與器具操作的基礎技能。
- (三)進階工法與檢測:係屬專業檢漏人員進 階的管線內視、定位的儀器操作與不明 管與竊水管偵測。
- (四)分區計量工法:此屬降低漏水主要的作業模式,即小區建置後之各子項工法的 臨場操作與數值分析教學。
- (五)體驗:係將第一線現場同仁臨場會遭遇 到的漏水原音音聽技術教學,與地下漏 水探勘實作等,納入體驗教學。

#### 三、建置紀實

漏水防治處於2018年7月確認變更原僅 漏水聽音檢測之設計,修正為以提高售水率 為主軸之方案,初期由承商負責 \$ 100 mm 管 線(含 DIP 及 HIWP)安放,試壓合格後,由業 管處建置團隊著手後續模擬現場各漏水態 樣之施作。

場內管線採用 § 100mm-DIP 及 HIWP; 外線為 § 20mm-HIWP、SSP 波浪管。

#### (一)人員徵調

考量現場建置,需有實作經驗豐富者為 佳,故以業管漏水防治處及當時轄管區隊實 際參與檢漏工作人員為宜,除主筆者外,僅 徵調檢測竊水專家時任南區隊之七分隊蘇 技術士隆盛及六分隊何技術士英魁等共三 人,為檢漏實習場建置團隊,並依施工進 度,以每週三至五天親臨建置。

#### (二)建置歷程

2018 年 12 月至新營訓練園區現場檢視 施工進度,已至「管槽底箍筋」(圖 1)。



圖 1 2018年 12 月施工進度至「管槽底箍筋」

其後為管槽澆注(圖 2)、放樣(圖 3)、外線布放(圖 4)等



圖 2 2019 年 1 月施工進度至模板完成之「管槽 澆注前」



圖 3 施工進度至「放樣」





圖 4 2019 年 3 月施工進度至「外線布放」

管線安放(圖 5)為承商施作,完成後以 「機械圓盤紙式水壓自動紀錄器」,測試管 線水密性(圖 6)



圖 5 2019 年 4 月廠商施工進度至「管線設置」



圖 6 廠商完成「管線設置」後,以「機械圓盤 紙式水壓自動紀錄器」測試管線水密性

2019年4月起由台水建置團隊接著施作 DIP 鑽孔,安放分水鞍(圖 7)、為符實際漏水 音態樣,蒐集銅製接合管砂穿孔漏水樣品安 放(圖 8)、外線放樣(圖 9)



圖 7 何士英魁施作 DIP 鑽孔,安放分水鞍



蒐集銅製接合管砂穿孔漏水樣品安放,以 符實際漏水態樣



圖 9 蘇隆盛技術士施作「外線放樣」

#### № 自來水會刊第43卷第3期(171)

為避免外線安放後之位移,團隊自備電動切輪機、電錘鑽孔機、並採購角鋼等固定相關外線(圖 10)、中管內視鏡之管線布設(圖 11)、外線漏水管線配置(圖 12)。



圖 10 蘇士自備切割金屬工具機



圖 11 施作 \$ 100mm-HIWP 中管內視鏡



圖 12.外線漏水管線配置

在台水執行小區漏水檢出後,經該公司 WADA分析其最小流量率已達低值,即漏水 量已極低,卻始終無法提高售水率的現況 下,一般皆朝竊水方向作業。故台水公司竊 水檢測專家講師蘇士隆盛,在本實習場規劃 布設普遍性的竊水管線(圖 13),以訓練傳承 竊水管的檢出技巧。



圖 13 外線漏水管與蘇士檢出竊水經驗的訓練 模擬情境,複雜的交錯布設

為學員對漏水音的實際體驗感受,施作漏水噴激原音外線管(圖 14),希能加速學習效果。



圖 14 普通聽音棒體驗,漏水噴激原音外線管



經漏水管線布設後,以漏水相關儀驗證 成效(圖 15),小管內視鏡檢視分岐管(圖 16)、 中管內視鏡檢視接合管位(圖 17),效果不佳 者,即時補強。



圖 15 漏水相關儀驗證成效



圖 16 小管內視鏡,檢視竊水與漏水成效





圖 17 中管內視鏡,檢視管線之竊水接合管位

值得一提者,承商未依特屬於回填砂 時,應有團隊人員在場,卻自擇於假日即進 行管槽內管線回填砂,事後經確認,因其厚 度不符埋設規範,其實習場漏水音將相異於 道路上的漏水音,故由團隊3人,花了5天 的時間,將管溝回填砂全部挖除(圖 18),再 依規範厚度,逐層鋪設。



圖 18 承商於假日由團隊依規範厚度,逐層鋪 設回填砂

在各漏水管線態樣布設完成後,團隊 3 人配合挖土機回填級配料及上層土,以確認 依規範回填並確保管線未位移(圖 19)。



團隊配合回填級配料及上層土

面層初步回鋪完成後,團隊即將相關如 水表箱等以引線正確安放水泥加固(圖 20)、 淺埋漏水點鑽探後之探勘手感體驗器物(圖 21)、切管 DIP 管線(圖 22), 待安裝接管後, 供專業檢漏人員訓練夾管超音波流量計及 數位水壓計操作(圖 23)。

#### ● 自來水會刊第 43 卷第 3 期(171)



圖 20 水表箱以引線正確安放、水泥加固



圖 21 漏水點鑽探後之探勘手感體驗區



圖 22 夾管超音波流量計及數位水壓計,實測 用 DIP 管線,團隊自切管



圖 23 2019 年 9 月 2 日訓練用 DIP 管線

整體設備完成後,鋪設檢漏管道用之水 泥、人行道磚及柏油(圖 24)等三類路面,並 依訓練科目劃設區域(圖 25)



圖 24 舖設檢漏管道用之水泥、人行道磚及柏 油等三類路面



圖 25 2020 年 11 月 23 日訓練實作區域標線



2020年12月14日自來水公司新營員工 訓練園區興建工程竣工典禮,由時任行政院 長蘇貞昌蒞臨剪綵,至檢漏實習場由漏水防 治處處長盧烽銘,擔任儀器介紹(圖 26),現 場測漏器之漏水實測音聽,則由蘇十隆盛主 責講解。



圖 26 2020 年 12 月 14 日時任行政院長蘇貞昌 蒞臨剪綵

2022年8月台水開訓主動漏水研習基礎 班,特聘台水退休前第七區管理處經理,具 台灣降低漏水首席專家王炳鑫先生擔任講 師、助教 4 員,親身為學員解惑(圖 27)。



2022年8月台水開訓主動漏水研習基礎 班

#### 四、實習場地設施及場外訓練規劃

#### (一)實習場地訓練

- 1.場地面積 450 平方公尺(30×15 公尺):
- (1)供水採自然流兩段式中、低水壓(約 1.8 及 0.8KG/CM<sup>2</sup>)可切換測漏模式。
- (2)測漏場地進水端設窨井、固定總水表及計 量箱, 並預留夾管式超音波水量計之流量 比對 HIWP 直管。
- (3)管線經總水表進入四條主要管線,各管線 前後端均設連通管制水閥,可有多類型不 同組合之 DMA,外線施設不同之漏水態 樣,配水管徑均設 § 100mm、用戶外線均 設 \$ 20mm, 管種為 HIWP 及 DIP。
- (4)地面鋪設 PC、柏油及人行道磚等三種地 面材質,並設28只用戶水表。
- 2.訓練項目:
- (1)簡易檢漏
- A.水表上水栓聽音棒音聽。
- B.測漏器聽音。
- C.不明流水水質檢驗。
- (2)基礎檢漏
- A.水表裝拆與小管線內視鏡檢視。
- B.用戶外線管定位。
- C.噪音紀錄器偵漏。
- D.兩點漏水相關儀偵漏。
- E. 多點漏水相關儀偵漏。
- F.夾管式超音波水量計水量紀錄。
- G.數位電子水壓計水壓紀錄。
- (3) 進階工法與檢測
- A.中管內視鏡內管檢視及頂部管鞍孔檢視。
- B. 金屬與非金屬管線定位。
- C.不明管與竊水管偵測。
- (4)分區計量工法
- A.固定總表與夾管超音波流量計比對。
- B.小區分段計量。

C.消防栓引水分段計量。

D.最小流量率測試。

#### (5)體驗

A.漏水原音聽音棒體驗。

#### (二)場外訓練規書

檢漏實習場所建置部分,僅具基本降低 漏水與提升售水的態樣,尚無法取代臨場千 變萬化的實務作業。

在前身為台南縣政府所在地的新營地 區,經現勘其已具備都會型的供水管網,並 已完成建置包括鄉村型(糖廠、後火車站、工 業南、工業西、工業東、頂窩、田尾、木柵 等 8 處小區)及多個都會型小區管網。

故經前階段實習場簡易訓練後,後階段 規劃由技優、經驗豐富的退休檢漏人員,帶 領 3~5 人的參訓學員為小組,以既定的小區 SOP 進行數週的實地作業,最後再以小組採 簡報方式,發表作業成果,以汲取成功與難 能可貴的失敗案例分享,藉以強化學員的實 作經驗。

#### 五、結論

台灣鄰近環太平洋地震帶,近 25 年來 發生五次國際媒體廣泛報導的重大震災,如 1999年921(芮氏規模 7.3)數十年逢一次的 20 次頻繁劇震紀錄;2016年0206台南新化(規 模 7); 2018 年 0206 花蓮米崙(銅門規模 7)、 2022 年 0918 台東池上(規模 6.8),破壞最為 嚴重的管網供水,卻屬北上鄰近花蓮縣的玉 里、富里供水系統; 2024 年 0403 花蓮鳳林 外海(規模 7.2),最嚴重的卻是台 8 縣的太魯 閣國家風景區,造成鄰近富世地區多日無 水。

主筆者自 1982 年進入台水公司即從事 降低漏水的檢漏工作, 迄今 2024 年共計 42 年間,一輩子在台水皆挑戰著「降低漏水與 提升售水率」的現場實務工作,尤其前述五 次的台灣重大震災,均親身參與台水跨區處 的緊急供水復舊工作。所謂養兵千日、用在 一朝,檢漏經驗與技術傳承的工作,極屬不 易,亟需再加強。

#### 參考文獻

1.台水公司自來水員工訓練園區興建計畫(第三 次修正),104年1月,台水南區工程處。

#### 作者簡介

#### 林子立先生

現職:台灣自來水公司第九區管理處操作課課長 專長:漏水檢測及分區計量診斷與提升售水率

#### 蘇隆盛先生

現職:台灣自來水公司屏東區管理處操作課檢漏技術 士

專長:漏水檢測、竊水檢測及分區降低漏水

#### 何英魁先生

技術士

現職:台灣自來水公司第六區管理處漏水防治課檢漏

專長:漏水檢測、竊水檢測及分區降低漏水



## 矩形沉澱池污泥監測與排除最佳化之探討

文/莊旭楨

#### 摘要

運行中矩形沉澱池仍多,其污泥排除之 操作仍有精進的必要。精進的目標,在確保 水質達標且有寬鬆出水能量下,還要減省不 必要的電力消耗,同時要避免在污泥排除的 過程中產生過多的廢水量;此外,還要能因 應降雨時原水濁度升高導致之污泥產牛量 變化。

為此,設置適當的污泥監測儀器,能供 間歇式刮泥機能適時啟動刮泥;同時,刮泥 機刮集的污泥通常先推積到集泥坑,則如何 適時排出適當濃度的污泥水,最主要是避免 排泥時被過多清水先擠出的『漏斗坑效 應』, 更是減少廢水量的關鍵。鎮

本文介紹矩形沉澱池各種排泥模式,並 陳述充分之有精密監測之刮排泥操作,詳述 利用剖面儀式污泥感測尺,可歸納出各種規 則及不規則之刮排泥作業所產生的排泥效 果。

關鍵字:沉澱池、沉泥監測

## 一、前言

## (一)運行中矩形沉澱池仍多,其污泥排除之 精進仍有價值

淨水場引入原水,加藥混凝後,導入極 長之矩形沉澱池,讓污泥膠羽在極低的流速 場中逐漸沉降;到中後段低膠羽的上澄液, 導入快濾池以輸出清水,即完成主體淨水作 業;前述之矩形沉澱池仍有不少比例還在服 役運行中,因此矩形沉澱池的污泥排除操作 仍有探討其精進化之價值。

## (二)矩形沉澱池污泥排除作業有節能減廢空 間

由於矩形沉澱池以長流程讓污泥緩慢 沉澱,污泥通常希望能主要在池長四分之一 到五分之三的區間落底,池底之污泥沉積的 範圍極長,若未設刮泥機,池中間設有有排 泥閥定時排泥以定時開關閥操作,會因沉泥 的黏滯性,而有排出的清水比污泥還多的問 題(漏斗現象);此外,若依賴定期放水後 以人工清除污泥, 遇連續降雨期, 將有停池 清洗的調度麻煩,或影響出水。

為此,有設置刮泥機之需求,以定時或 連續性將池底的沉泥刮或吸到池前集泥 坑;惟,刮泥機的作業需消耗電力,則是否 能減少刮泥機運轉的次數,即有相當的節能 空間;同時,將池底的不同厚度的沉泥刮到 集泥坑,再啟動排泥管閥操作,也有降低排 出清水、减少低濃度廢水量的節廢空間。

## (三)掌握『漏斗效應』之動態污泥監測可減 少清水排出

依上節,矩形沉澱池的污泥通常是慢慢 地長範圍沉積,為維持出水水質,則設置污 泥監測設備即為基本配備; 池中距入流口不 同距離的點位分別設置沉泥高度計,可供適 時刮泥或精進除泥作業的依據;在集泥坑或 排泥閥旁設置之污泥剖面儀,有助於精細控 制排泥的時機及閥門啟閉的延時,據以避免



排出過量的清水。

然而,『泥位高度計』及『污泥剖面儀』 的感測原理各有其特性,而排泥過程中泥糰 與水的黏滯性的顯著差異,常造成排泥過程 出現『漏斗效應』, 隨即排出的都是清水; 對此,需有能快速測到泥層變動的感測器, 始能即時反應,以立即調整排泥閥開口,從 而減少清水之過量排出;亦即『沉泥感測器』 須能因應『漏斗效應』而助供智慧化排泥, 此為沉澱池污泥排除最佳化之關鍵。

#### 二、習知矩形沉澱池排泥操作

#### (一)沉澱池未設刮泥機之排泥操作

矩形沉澱池未設刮泥機者,基本上乃在 池中間設置排泥閥(如板新一期),一般以 每天一次打開閥門一分鐘然後關閉,污泥排 除量則是『能排多少算多少』;常會因沉泥 的黏滯性,從排泥閥出流時會有漏斗效應, 致有排出的清水比污泥還多的現象;如此定 時定量開閥的模式,排出的清水比率很不規 則,廢水的污泥濃度也有較大的偏離。

#### ◎有設置刮泥機或精進排泥監控需求

因此,這樣的沉澱池,定期施行放水後 人工清除池底污泥,通常是沉澱池前半段的 沉泥已積高達1公尺了,才安排輪流洗池。 人工洗池需先排空整池清水,再另引它池清 水以高壓水柱沖刷;其實,這過程也蠻消耗 水,並須有廢水池空間的。但若遇源水高濁 狀況持續較久或降雨較頻繁,將導致停池清 洗的頻度增高,嚴重時會影響出水負載。

#### (二)設置雙鍊條式刮泥機之排泥操作

設置【雙鍊條刮泥機】者,目前多以連續操 作為主,單套的每日耗電數千多元,比其他 類型間歇操作刮泥機多了不少。其或因刮片 較多,若採間歇操作,擔心遇污泥較多時啟 動,將導致出狀況,因而多希求連續運轉, 以避免因小狀況而卡住等意外事故。

#### ◎連續操作改間歇有大節電空間

然而,在源水濁度不大的多數晴天裡, 污泥沉積其實不多,通常每日的沉泥高度僅 1、2 公分,持續一周也不會積厚到 10cm; 就算沉泥隨著時間而增密,在三五天內的密 度一般在3、4%以下,因而,多數晴天下, 每天一次啟動刮泥機,其實是不會有問題 的。

此外,裝設雙鍊條刮泥機時,若能通過 『脫困試驗』,則必係具有相當的機械能量 可供採行間歇操作; 最多是如同其他模式, 設置污泥厚度計,依沉泥達到基本厚度時, 依限啟動刮泥機運轉兩三圈即可,實無須在 沒多少泥時也在運轉、甚至是『空轉』!

#### (三)設置單軌式刮泥機之排泥操作

設置【單軌式刮泥機】者,基本以定時 例如每周一次或兩次,規律間歇式啟動一 次,將池底的沉泥刮到池前集泥坑;因係間 歇式操作,則減少刮泥機運轉次數,所省的 電力消耗不多,節能的空間相對不是重點 了;

#### ○刮泥過程會臨時堆高泥層☆

倒是,單軌式刮泥機只有一道刮泥板(板 高 80~100cm),每次刮泥操作係從最末端的 沉泥刮往前端的集泥坑,刮泥板前持續刮集 了整個池底的泥糰;有時還沒到集泥坑前, 泥層早已堆高超過刮泥板,持續前進時,堆 高的泥糰將滾落原處池底;待回程時刮泥板 放平而拉回起始位置時,沉澱池底可能在前



段又留存了不少的鬆泥層(稱為殘泥)。

至於,一次性將池底沉泥刮集到集泥 坑,現行依預定時程、固定全開一分鐘的模 式,已發現經常有排出大量清水的缺失;因 而存在依據泥層高度而智慧式開啟排泥 閥,從而降低排出清水比率的減廢空間。

#### (四)設置軌道式吸刮泥機之排泥操作

矩形沉澱池未設集泥坑時,可設置【軌 道式吸刮泥機】,可分段同步推動附有吸泥 管之集泥刮板,行進時同時開啟吸泥管的泵 浦及控制閥,直接將沉泥吸到沉澱池外(可 直接排到廢水池)。

#### ◎無集泥坑,廢水的含泥濃度變數大

基本以定時例如每天或幾天一次,規律 間歇式啟動一次,將池底的沉泥直接刮及吸 到池外,無須集泥坑;惟啟動刮泥時的泥層 是否平均及是否夠高,則會影響吸出泥糰的 濃度,其排出廢水也會包含不確定的清水。

#### 三、污泥高度計之工作原理與適用性

『泥位高度計』主要用途在於:提供刮 泥機間歇性操作的時機依據; 另外, 遇原水 高濁事件時,也能提供自動縮短間歇式刮泥 作業之時距。惟排泥過程中泥糰與水的黏滯 性的顯著差異造成的『漏斗效應』,即須能 快速感測泥層的變化,才能掌握排出清水瞬 間的動態,則『污泥剖面儀』才能達成;而 此也是沉澱池污泥排除最佳化之關鍵。

#### (一)凹陷坑(排泥漏斗)現象

污泥層的膠羽類型及密實程度或有差 異,但其流動性多小於清水,一旦排泥管口 或底閥上方泥層流出並已有清水擠入,隨即 上方的清水以其流動性遠大於污泥層,將持 續排擠周邊泥層、搶先流出,最終排出多為 清水;因此若沒及早關閉排泥,接續排出的 水量將徒增廢水池的不必要負擔!

參圖1:由於排泥過程之泥層變動極為 快速(每秒都有顯著變動),而習知超音波 反射型泥位計係以極多次測讀之動平均作 為泥位高度之測值,常需數分鐘才能輸出穩 定的測值;相對於沉泥流出之過程常是不到 1分鐘就會見到清水的特性,習知污泥高度 計即無法提供排泥過程的動態,也就無能發 展出可減少廢水量的排泥流程。

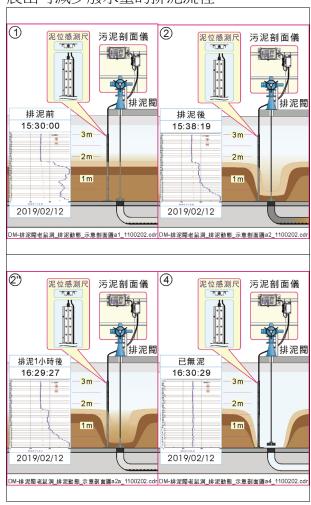
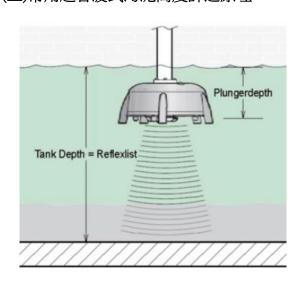


圖 1 排泥時漏斗坑現象

(二)污泥剖面儀『看到』的『漏斗坑』

【污泥剖面儀】可清晰『看到』泥層隨 著水流而變的動態。圖1的『漏斗坑』模擬 圖即依剖而儀實測數據而繪, 感測尺垂直立 在沉澱池中間排泥閥前方,由左上①圖看得 出總高 180cm 的泥層中,粗分:最上 160~180cm 一層濃度較小,其下 120~160cm 則顯著較高濃度,以下池底往上約 120cm 則 係濃度不一的積泥層,應為陸續沉降的膠羽 聚合;右上②圖係開啟排泥閥,閥口上方泥 層較厚又蓋有一層濃稠泥層,因此排泥閥關 閉時,該較濃稠泥層還在閥孔上未全排出, 由剖面儀底部 28cm 厚皆為最高濃度測值可 辨,往上是濃度漸小的稀泥層,形成顯著而 尚未打穿的『坑』;左下③圖係排泥閥關閉 50 分鐘後,將再度排泥時的狀態;因『坑』 内泥層已稀,開閥後剖面迅速呈現全清水狀 熊,如右下4圖。

#### (三)常用超音波式污泥高度計之原理



超音波式污泥高度計係以一超音波發 射間接收探頭,定置於水面以下,量測時, 探頭受控發射一超音波脈波,該超音波脈波 向下碰觸泥糰顆粒而多方向反射,其中垂直 向上傳回到探頭的接收器時,依反射脈波的 強度(脈波的密度)及時差,而可計算出探 頭到反射體的距離,從而可顯示反射體的高 度。

#### (四)超音波式污泥高度計之優缺點

音波式污泥高度計因其非接觸式原 理,有裝設靈活、安裝簡易的優點。

#### ◎平均計測式無法測到漏斗坑

然而,其感測訊號須經極多次量測後做 平均計算,則泥位測值的反應較慢,並對膠 羽尚未固結的稀泥層存在不確定度,於高濁 時期、膠羽大量沉降過程,泥位測值的輸出 會有較大的滯後。

另外,此型音波式污泥高度計,各廠牌 皆有毛刷等自動清潔感測探頭的標配,亦即 量測準確度存在與保養有關的變數。

#### (五)探測式污泥高度計之原理與弱點



探測式污泥高度計,係於量測時間感測 探頭自動下垂,探頭感測到泥層時停止、並 據訊號索下垂長度而算出污泥層面之高 度,一般採間歇式量測;其可避免超音波反



射回程計算式間接量測之不確定度;惟因間 歇性量測,於高濁原水污泥生成較快期間, 其運作較難滿足及時監測的需求。

此外,此項泥位計不適用於集泥坑,因 集泥坑的泥層通常是快速升降,並是漏斗坑 問題的主要場域。

#### (六)剖面儀式污泥感測尺之原理與應用

如圖 2,【污泥剖面儀】係兩支串接全長 312cm 的多層式感測尺垂直插至池底,尺面 上每 4cm 一對電導度感測電極組,由測尺上 方的訊號變送器在 10 秒鐘內測讀輸出全部 78 水層的電導率測值,各組測值的大小直接 反應清水層、膠羽沉降層或密實污泥層,由 該每 4cm 一層、總深 312cm 水體的電導率剖 面,可很清晰『看出』池底上方的污泥沉降 高度及泥層壓密狀態, 並在排泥過程可看到 污泥排出、轉變成清水的泥層轉變動態,在 排泥閥關閉前呈現清水、閥關閉後又出現膠 羽快速沉降的動態等等;排泥出水口上方呈 現清水但周邊仍有污泥層的狀態即所謂凹 陷坑(漏斗坑)的現象。

【污泥剖面儀】的主體可稱【多層直觸 式泥層咸測尺】,因其直接咸測尺面各對電 極間水體或泥層的電導率,各組電極的高度 是物理確定,而清水與沉泥層的電導率有顯 著差異,從而泥位高度及相對污泥濃度是測 讀瞬間即得,因而可清晰快速測得水中污泥 層的剖面分佈,得以精密掌握排泥時的泥層 變化,亦即可驗證『排泥漏斗』動態。

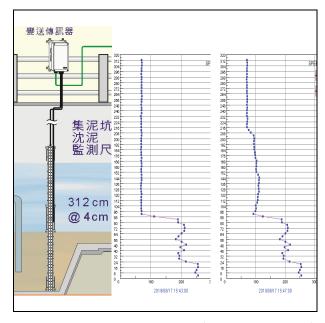


圖2 剖面儀提供沉澱池水中每4cm 一層的電導 率測值(橫座標),縱座標表水深

### 四、污泥高度計於排泥操作之運用

#### (一)刮泥機啟動之依據

理論上,各種型式的刮泥機都應間歇式 操作,因全年度中發生豪大雨而致原水濁度 增高的天數比例不高,大部分連續晴天時, 污泥的沉積量並不大(泥層增厚 1、2cm 以 下),從而每天一次刮泥作業都很輕鬆,即 可免除連續運轉的可觀電費;至於,出現高 濁而沉泥增加時,頂多是改為每天刮兩次, 最多4次即可。

#### ◎依沉泥高度而啟動為基本模式

為精準監控排泥,以維持最佳水質,避 免低效操作及過多低濃度廢水,則配置泥位 計是低成本高效益的方法;惟現行使用泥位 計以供自動化啟動刮泥機者,多設於經驗法 則『主要堆泥區』;然而,當濁度些微變動 而沒有微調混凝劑加藥率時,可能主要沉泥 區會有變動,致作為啟動刮泥機的泥位測值



會出現誤差,從而刮泥機啟動的時間點並非 最佳。

#### ◎多點泥位監測能提供最精準操作☆

於此,設置多點式泥位計,可在矩形沉 澱池的前中後段,同時提供沉泥資訊,除了 對刮泥機的啟動時間減少誤失之外,更可藉 由前中後區污沉泥積速率的動態增減而研 析混凝劑加藥率微調的機制。

#### (二)集泥坑排泥之有效監控

集泥坑的排泥監控,主要的考量是:避 免排出稀泥,也要避免泥層積厚時容易出現 的『漏斗坑現象』。由於每次刮泥時,泥量 會有差異,則現行固定與刮泥操作連動而開 啟排泥閥模式(例如刮泥完成後一小時啟動 排泥閥),常有排出過多清水或集泥坑殘留 太多泥糰的問題。

#### ◎集泥坑排泥常有過多清水的問題

對此,集泥坑設置長量程的污泥剖面感 測尺,即能進行精準的自動排泥流程,例 如:刮泥機還在進行中,污泥剖面感測尺一 旦感測出推到的泥糰已經高過池底一定高 度,可即時啟動排泥閥小開度(即預排泥), 待集泥坑的泥層不再堆高時暫停;隨後,集 泥坑泥層會顯著下降漸漸壓密,約一個小時 左右泥層不再下降時,再度開啟排泥閥(開 度略大一點),此時即可避免漏斗效應而充 分排泥。

#### ◎集泥坑長測尺可提供預排泥

此項『預排泥』主要發生在刮泥時沉泥 較高而致刮推泥糰滾回刮泥背後的情況,也 能減輕泥糰升高而影響上澄液水質的問 題;若刮泥流程中集泥坑的泥層增高有限,

未達坑前池底高度時,即無須此第一階段的 預排泥。

#### (三)避免多排清水之關鍵

若無沉澱池前中後3區泥位計,則間歇 式刮泥操作也可能發生刮集的污泥量多寡 不一的情况,從而,集泥坑的排泥閥操作若 採定時定量的開關閥,常會排出過多清水; 對此,集泥坑設置【泥層感測尺】,即依其 動態測出不同泥糰密度,而可準確快速掌握 刮集之泥層堆積狀況,從而可控制管閥以適 時適量排出泥糰而減免清水的排出量,亦即 避免『漏斗坑』的智慧化排泥。

## 五、剖面儀式污泥感測尺於精進排泥 操作之體驗一刮排泥操作各種現 象

前述【污泥剖面儀】,亦稱【電導率剖 面儀】, 先前於板新淨水場一期沉澱池歷經 一整年的測試,已充分掌握了污泥沉降的性 態,並整理出了期間各次水質變動與膠羽沉 降諸多原本水中看不到的現象,也預期可用 於具刮泥機沉澱池之高效排泥監控(報告發 表於《自來水會刊第38卷第2期》);

#### (一) 監測池中泥位與集泥坑泥層

之後,在另一個淨水場裝設單軌刮泥機 的沉澱池測試8個月,採用大量程剖面儀 (312cm@4cm)設於『集泥坑』,再搭配精 密級小測尺(84cm@2cm)設於原監測泥位 的『池中』處;初期僅採資料收集,讀取每 5 分鐘一筆的長期記錄,加上臨時配合刮泥 機操作時收集每1分鐘一筆的數據;設備架 構如下圖3。



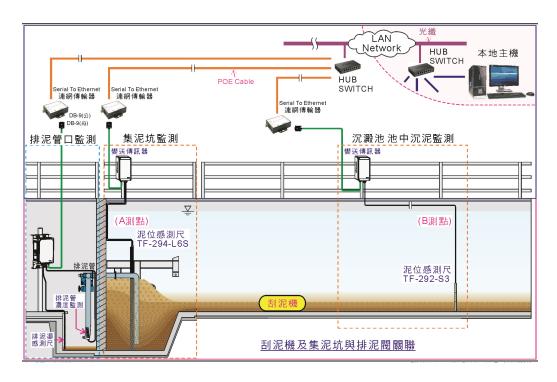


圖 3 矩形沉澱池設單軌刮泥機之刮排泥監控系統

在確認了『集泥坑』及『池中(池側)』 之泥位測尺可即時連續測取泥層沉降壓密 及刮泥與排泥之精細動態後,進一步增設網 路傳訊器,利用既設光纖網路,將兩處測尺 數據,每分鐘傳訊至監控室電腦,以【動態 剖面歷線監測軟體 】,可隨時在室內看到兩 測點的泥層動態;於排泥與刮泥操作歷程, 其每分鐘一次的傳訊資料,可直接由剖面圖 清楚看到泥層變化,確認刮泥與排泥的效 果。

#### ◎單軌刮泥機8個月的多項驗證☆

既已收集了8個月詳細紀錄,涵蓋各次 例行及特別操作的關聯數據,將每次刮泥 前、中、後的泥層狀態及刮到集泥坑的泥層 堆積、壓密、乃至啟動排泥之前中後動態資 訊,以每筆數據的剖面圖及歷線圖,比對研 析刮排泥操作時泥層變化的精密動態,很容 易看出事件的關聯性;由記錄數據的動態剖

面圖可看到:沉澱池與集泥坑存在諸多細微 連動現象,更值得歸納建立『帶有A I 特性 的精進化操作模式』,有效執行低廢水量的 『智慧型間歇式排泥』; 亦即,單純『泥位 高度』有時會錯失高效排泥的機會,最好能 搭配污泥剖面的資訊。

本章概述沉澱池刮排泥操作的各種泥 層動態及連動現象,進一步可歸納出:以精 密的泥層動態監測,如何可減少廢水量,如 何避免無必要或效果不佳的刮泥操作等。

## (二)刮排泥操作各種現象彙總

- 1.排泥閥『全開』極易形成『老鼠洞』而多 排清水,開閥23%仍可排空
- 2.刮到集泥坑的泥層通常會顯著地沉降壓 縮,較慢點排泥可減少排出清水
- 3.多次刮集、沉積於泥坑之泥層堆可一次高 效排出(不用每刮即排)
- 4. 『殘泥』: 未達起刮高度, 卻前後池底都有

相當厚沉泥時,可能在刮推過程中,泥層 堆高超過刮板,滾落原處。

- 5.典型『不佳刮泥』-刮泥出現『殘泥』時, 會導致下次刮泥時機的誤判:因先只增濃 度、不增高度, 泥位不準。
- 6.久未刮泥,終要補回,且影響出水;可能 整個池底都有明顯沉泥, 非僅前端有泥; 此時,刮泥後必有殘泥
- 7.低效刮泥——太快重刮,有害無益;因刮 後有擾鬆之殘泥時,泥位虛高

#### (三)剖面儀於集泥坑之其他用途

- 1. 濁度增高時,膠羽較常在集泥坑提早沉 降,剖面儀可提供多元的警示資訊
- 2. 濁度高而集泥坑沉泥多時,坑前亦自積厚 泥,可適時操作『間歇式排泥』
- 3.集泥坑以剖面儀監測泥位時,由底層濃度 變化而可發現閘閥有洩漏情況

## 六、結論與建議

基於集泥坑泥層排出動態的泥流動力 現象,設置刮泥機之沉澱池其刮泥與排泥作 業應為各自獨立操控,兩者沒有連動性。

- 結論 1: 沉澱池污泥的形成與沉降點存在多 重變異性,經集泥坑排泥時應認知 其『排太快易出清水』的特殊流體 特性。
- 結論 2:超音波探測式泥位計無法對排泥時 之『凹陷坑』動態提供助力,係因 其感應原理只能提供平均化後之靜 態測值,無法反映前述快速變異之 特殊流體特性。
- 結論 3:池中泥位計之『泥位高度』不足以 **反應刮泥時機點,沉泥濃度較高時**

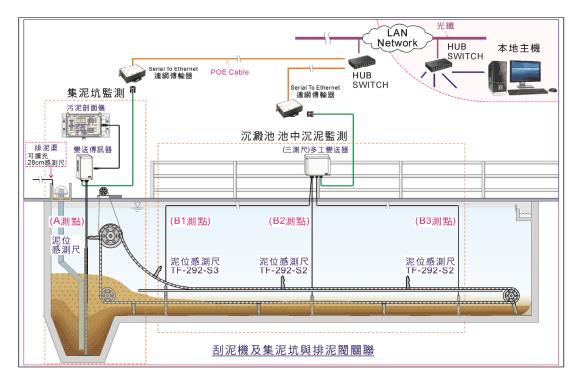
常會導致刮泥後蓬鬆泥層(殘泥) 佈滿大半池底。

- 結論 4:有效操作『間歇式排泥』,是降低廢 水量(減少排出清水)的基本模式。
- 結論 5: 濁度較大變化時, 隨著混凝劑調整, 膠羽沉降距離跟著改變,常導致刮 泥時機準則的失偏。
- 建議 1:儘可能操作『間歇式排泥』以減少 廢水量,因該機制其實蠻簡易。
- 建議 2:排泥閥控制動作最好改為可控制開 度大小的計時方式,比如可操控開 度 20%~50%等,避免全開全閉式控 制。
- 建議 3:集泥坑內沉泥擾動器平時無須操 作,因刮集泥糰待沉降壓密更有利 於排出,所謂『架橋』並不是問題, 集泥坑底周邊角落的積泥不影響每 次排泥。
- 建議 4: 低濁度期間可能泥位計測值不高, 但也不宜太久沒刮,因可能其它區 段也會沉積泥層;最好每週至少刮 一次。
- 建議 5:每次刮泥後發現池中泥位偏高時, 不官太快再度刮泥,至少4小時, 讓其自然沉降壓密後再刮。
- 建議 6:排泥管外部增設泥水濃度監測器, 有助於精進操作及進一步降低廢水
- 建議7:『池中泥位計』可採用『三測尺式』 機型(圖 4),增加費用有限,卻可 提供沉澱池『前中後』三處的膠羽 沉降狀況資訊,補強前述各現象之 精進化需求,包括前中後三處沉泥



動態,可知膠羽沉降點,助益於混

凝劑添加率之精進化。



矩形沉澱池設雙鍊條式刮泥機之刮排泥監控系統 圖 4

#### 作者簡介

#### 莊旭楨先生

現職:台禹監測科技股份有限公司總經理

專長: 感測器研發、水資源監測系統研製推廣

# 濾池延長濾程避免濁度穿透之操作研究

## 文/李育輯、李育樟、駱尚廉

## 摘要

淨水場快濾單元常被喻為是整個淨水 流程的心臟,可以去除水中大部分的濁度物 質與致病菌。研究延長瀘程將原本的濾程72 小時延長至 96 小時,探討延長濾程的出水 濁度、水頭損失、反洗水濁度、出水水量等 變化,確認操作的最佳化與可行性。在反洗 後靜置並分段開啟抑制濾池反洗後出水濁 度瞬間穿透並逐漸上升飄移。微調過濾池出 水開度的操作可以增加過濾單元過濾出水 水質的穩定性,微調過濾池是利用過濾池個 別的濁度、水頭損失與過濾時間等三個參 數,以每分鐘一次的方式微調過濾池出水開 度的 1%,使效能良好的過濾池出水增加, 效能較差的過濾池出水減少,抑制濾程中濁 度穿透的發生。加上延長濾程則減少濾池反 洗次數穩定處理水水質,且能節省 20-25% 的反洗用水量。以上操作皆能有效減少過濾 單元在濾程中與反洗後可能的濁度物質穿 透,使傳統淨水場達到 100%的去除率的高 效能節能淨水場。

關鍵字:過濾,濁度穿透,延長濾程,反沖洗,濾床成熟

## 一、前言

臺北自來水事業處瞭解飲用水中梨形 鞭毛蟲(Giardia)及隱孢子囊蟲 (Cryptosporidium)等致病性微生物可能隱藏 對人體健康造成的威脅,在淨水處理過程設 置全場監控管理系統,利用快濾池微觀細緻

的自動化操作,建立水質異常追蹤管控機 制,探討每一次快濾池濁度穿透的原因,以 因應未來更嚴格的飲用水水質標準。淨水場 濾水濁度以每分鐘一筆的資料統計符合 AWWA<sup>[1]</sup>建議之出水濁度 0.1NTU 可佔全部 時間的99%以上,若要再予以精進提昇時發 覺,皆有一些特別的錯誤模式案例可循,本 研究即是將以往的改進案例作研究探討,不 論是在過濾單元的濾程中與反洗後,皆提出 改進對策,其目的在於消除所有快濾池可能 的瞬間穿透的濁度波峰(peak)發生,以真正確 保出水水質的安全穩定。

## 二、研究方法

## (一)淨水場處理現況

本次研究的淨水場快濾池為定水位、變 濾率深層多濾料重力式快濾池,其尺寸為長 140 平方公尺,濾板上安裝惠勒式濾床,底 部以 30cm 濾石墊襯並蓋過濾床,濾料採用 石英砂,其舖設厚度為 51cm 與無煙煤 30cm(規格如表 1)。快濾池於設計流量時濾 率為 270m/日,快濾池除反沖洗設備外,另 設表洗設備輔以沖洗表面漂浮物,反沖洗水 量由控制閥開度控制,所使用之閥類等之驅 動裝置均為電磁式(包括進水、排水、出水、 表面洗水、反沖洗等閥類),操作反沖洗設備 均設置可程式邏輯處理單元(PLCs)控制設 備,可供遠端遙控與最佳化操作參數的設



定。

表 1 快濾池規格設計資料

設計資料	濾床型式與池數	惠勒氏(Wheeler) 濾床,共 14 池
	設計濾層 深度	無煙煤 30cm,濾砂 51cm
	濾層顆粒 特性	無煙煤:E.D.0.8~0.9mm, $ U.F. \leq 1.7, \ \rho \geq 1.4 $ 濾砂:E.D.0.45~0.7mm, $ U.F. \leq 1.7, \\ \rho = 2.55~2.65 $
	設計最大日 處理量	480,000CMD (270 CMD/m2)

## (二)快濾池濾程中出水閥最適化微調

發展最適化個別快濾池出水濾速的自 動控制程式,主要內容為出水閥之開關依沉 澱水渠水位而定,當沉澱水渠水位超過設定 時,系統為依濁度、水損、濾程時間三條件, 選擇濾池狀況最好的五池增加出水閥開 度,每隔一分鐘變更一次開度,一次增加1% 開度,直到沉澱水渠水位降至設定的水位 內,開度即維持不變,濾池狀況的判斷係以 濁度、水損、濾程時間三條件做加總,其所 佔權重分別為 50%、30%及 20%。當沉澱水 渠水位過低時,系統會自動挑選濾池狀況最 差的五池,减少開度每隔一分鐘減少 1%開 度,直到沉澱水渠水位上升至設定的液位 內,開度即維持[2]。

## (三)快濾池反洗後靜置後分段出水

快濾池之濾料設計如表 1,採用表洗及 水洗進行反洗,反洗過後快濾池重新啟用過 濾,常發生程度不等之初期濁度穿透現象, 為瞭解反洗過後出水閥開度操作對出水初

期濁度穿透之影響,在同一過濾池進行測 試,在例行操做狀況下,出水閥開度嘗試以 1段、3段(每1段延時60秒)及3段(每1段 延時300秒),3種開啟模式進行測試,多段 開啟並配合延反洗後延長靜置時間操作探 討對起始濁度穿透之影響,以作為反洗操作 之改進依據[3]。

## (四)快濾池延長濾程之操作評估

依據 2.2 快濾池過濾最適化微調操作方 法延長濾程由原本的 72 小時延長至 96 小 時,過程中監測過濾水出水濁度、水頭損 失、反洗水濁度、過濾池出水水量等變化, 以原設定操作瀘程與延長瀘程操作的效能 比較,探討是否影響過濾效能與出水的穩定 性,以確認延長濾程之操作是否適當可行。

## 三、結果與討論

過濾池在過濾過程中,由於濾料孔隙被 濁度物質阳塞,使水頭損失上升會造成濾速 减少。而水頭損失加大,使得剪應力跟著變 大,造成膠羽無法附著在濾料上而穿過濾 床,出流水水質也因而變差。水頭損失發展 主要受到濾料粒徑、過濾速度與過濾原水的 膠羽濃度及膠羽粒徑影響。當過濾時,若膠 羽主要抑留於濾床的表面上層部分,就會形 成表面過濾(Surface filtration),使得濾床損失 水頭發展較快,減少濾池設計的可利用水 頭;而當濁度物質能抑留於濾床深層,有效 利用濾料孔隙,就會形成深層過濾(Deep bed filtration),充分利用到濾床各部分,使損失 水頭發展比較慢[45]。

有水頭損失計算的公式有很多,其中 Revnolds 和 Richards[6]提出方程式模擬水頭



損失在濾床的發展情形,其公式(1)如下:

$$h_L = f \frac{D}{\phi d} \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{Va^2}{g}$$
  $\triangle \vec{x}(1)$ 

hL 為水力坡降,每單位厚度濾床之水頭 損失,f無因次之摩擦係數;D為濾床深度; ∮ 為形狀因素; ε 為孔隙率; g 為重力常數; Va 為水流經濾床的速度; d 為濾料粒徑。

由式子可以知道瀘料孔隙率大,水力坡 降就小; 過濾一段時間之後, 當水中膠羽累 積越多使得濾料孔隙率變小,水力坡降將上 升。因此水力坡降在不改變其他實驗條件下 上升,表示濾床被膠羽阻塞所造成。然而, 水力坡降的上升和濾床孔隙率的改變並非 成線性關係。如圖1所示,假設乾淨濾床的 石英砂孔隙比為 0.4,此時的水力坡降為 1, 代表初期的水損影響不大;但禍濾一段時間 之後,孔隙率小於 0.3 時,而水力坡降快速 上升。因此可知若能使膠羽停留在孔隙率較 大的無煙煤濾層,而不是孔隙率小的石英砂 濾層,就可以減緩損失水頭的發展;此外增 加膠羽停留在孔隙率大的無煙煤濾層,可以 避免膠羽大量停留在孔隙率小的石英砂 層, 造成濾床的利用不均[7]。

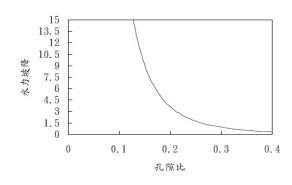


圖 1 水力坡降與孔隙率的關係

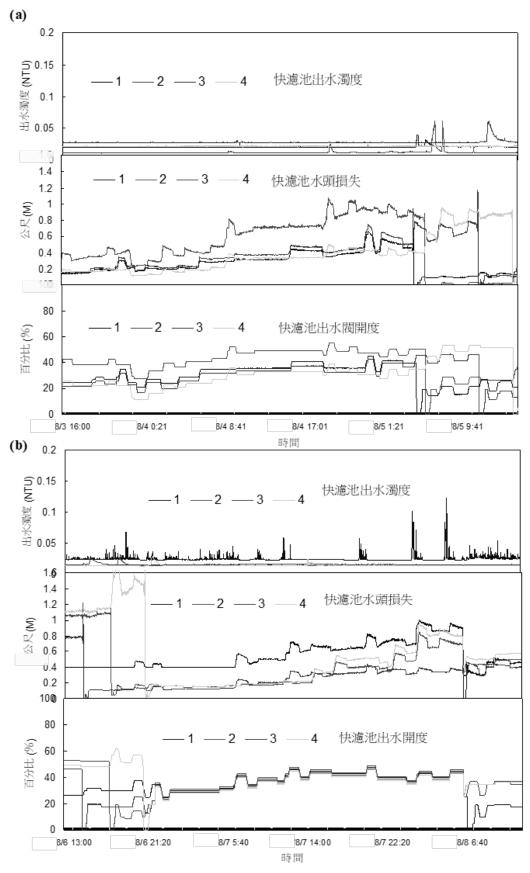
## (一)快濾池濾程中出水閥最適化微調

快濾池在濾程中會因負荷突增狀況,導 致濾速瞬間變化,影響出水水質,可能的狀 况包括原水進流量突增、相鄰快濾池反洗暫 停使用,水量分配至其他快濾池或出水閥故 障等,由於過濾是一種暫時性的平衡,原被 **瀘料空隙阳滯或被瀘料吸附之固體粒子,**會 因空隙間流速突然變大,而使濁度粒子脫離 沖出造成瞬間穿透,增加生物性顆粒能進入 清水系統的機會,故在改變濾速操作時,應 儘量避免濾速大幅的變化。

由於淨水場清水供應量依下游供水區 水量需求不同而隨時機動調節原水進流 量,而整座快濾池之進流量受原水進流量控 制,故總進流量影響整座過濾池之濾率,如 在固定原水進流量之條件下操作,整座快濾 池即為定濾率控制方式,但事實上過濾池並 非定瀘率控制而是定水位控制,利用入流控 制液位值測及調節閥,以維持過濾池上方定 水位, 當處理水量增加或減少時會使快濾池 出水閥開度隨之增加或減少。

快濾池出水閥開度增加即增加該池的 過濾速度,原本淨水場是齊頭式調整所有快 濾池出水閥的開度以調節處理水量與沉澱 水渠水位,但利用快濾池出水最佳化的自動 控制程式來調整出水水量的變化,其個別快 濾池出水閥最佳化的邏輯就是當該池出水 濁度與水損升高時,隨即減小該池的出水 量,抑制該池的濁度升高,再由其他池出水 狀況良好者,增加該池的出水量,以保持所 有快濾池的總出水量符合處理水量的需 求, 並抑制快濾池在濾程中發生穿透的情 形。





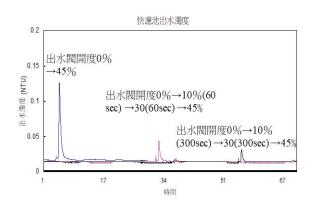
不同出水閥操作下1、2、3與4號快濾池出水效能比較 (a)最適化程式操作;(b)齊頭式出水操作。

由式(1)公式可得知水頭損失呈過濾速 度之平方根正比的關係,故是影響水損最重 要的參數,由圖2得知出水閥的開度增加影 響水損明顯上升,而在 14 個快濾池在每分 鐘一次資料更新回饋的效能排比下[2],讓低 出水濁度與低水損的快濾池增加出水開 度,減少對效能較差的快濾池濾料上濁度物 質的剪應力衝擊,如圖 2(a)之操作,可避免 造成膠羽無法附著在瀘料上而穿過濾床,使 出流水水質因此變壞。而若是保持原有齊頭 式調整所有快濾池出水閥的開度以調節處 理水量,則很可能使所有快濾池中濾床最脆 弱的部分濁度發生穿透情形,由圖 2(b)之 1 號池可明顯看出。

## (二)快濾池反洗後靜置後分段開啟出水閥

快濾池在反洗的初期由於濾料較為澎 鬆,尚未形成成熟(ripening)而緊密的微過濾 瀌床(filter),往往是濁度穿透最容易發生的 時期,故控制瞬間初期穿透濁度在 0.1NTU 以下,採取清洗完靜置(Delayed Start),使用 多段慢速增加過濾速率(Slow Start)控制方 法,以降低初期穿透濁度[3]。發現多段開啟, 對起始濁度穿透之降低有正面影響,多段配 合靜置延時操作,抑制快濾池在濾反洗後發 生穿透的效果更好,如圖3所示起始濁度穿 透之降低有明顯改善的作用。

濾床靜置之目的在於使反洗過成形成 較膨鬆之濾料結構與初始附著於濾料上的 濁度膠羽(flocs)強度變得穩定,以多段低速 率開啟過濾出水速率方式,降低濾料間固體 粒子之瞬間剪應力增加的擾動,加速濾料與 初始附著的濁度膠羽形成精緻而強度較高 的細微過濾濾料。另由公式(1)得知初始的靜 置與多段低速率開啟過濾出水會減少濾料 初始的孔隙率( $\varepsilon$ ),但不致於增加過濾的水 頭損失,對出水水質不會有負面的影響。



不同反洗後出水閥操作對濁度穿透的影響 (三)快濾池延長濾程之操作評估

延長濾程操作的首要工作就是收集現 有的操作資料,試驗期間為2023年3月到7 月,原水濁度約5-20NTU,屬穩定原水濁度 的水處理期間,在 72 小時濾程操作下收集 各過濾池的過濾效能(Performances),而反沖 洗的達成條件有3項包括:1.出水濁度達0.2 (NTU)、2.水頭損失達 2.0 (M;公尺)與濾程的 時間達 72 小時,過濾池一旦達到上述任一 條件,該池即實施反洗操作。

依據 2.2 快濾池過濾最適化微調操作方 法操作 72 小時濾程的各快濾池出水濁度、 水頭損失之監控變化如圖 4,發覺 1-14 過濾 池出水濁度皆呈穩定的狀態,雖偶有突波 (peak)但最高濁度皆在 0.15NTU 以下,皆不 影響 14 池快濾池最終出水水質,而突波的 時間各池似有一致性,代表該時段有系統性 的操作如增加處理水量,所以為大部分過濾 池皆有同時上升的狀況,這驗證了處理水量



的突增(shock loading)會導致所有過濾池的濾 率 (filtration rate)增加,部分濾料上過濾附著 的濁度物質就會流出,也就會有過濾池發生 突波[7]。

在操作 72 小時濾程的各快濾池出水濁 度、水頭損失監控變化的分析比較下,發覺 出水濁度各快濾池皆穩定出水,出水濁度變 化不大,而效能較差的濾池對水量變化的操 作較為敏感,相對生成的波峰較大。但在水 頭損失比較下發覺各瀘池的差異性頗大,可 以明確地分出各池的處理效能,出水濁度變 化越敏感的濾池,水頭損失的累積升高越明 顯,大致上可將效能分成3個等級: 1.優良(水損 0.5-0.8): 1, 2, 3,10 號濾池 2.中等(水損 0.7-1.2): 4,5,6,7,8,12,13 號濾池 3.不良(水損 1.4-1.6): 9,14 號濾池

以上等級確認後,在實場操作上就可以 針對效能不良的濾池做最適化的操作參數 設定,以減少該快濾池發生穿透或產出較高 濁度清水的機率,而長期來說,會將該快濾 池列為濾層整修的年度工程標的,即更換濾 料(濾砂與無煙煤)以確保穩定出水的水質。

掌握了各快濾池的基本效能後,即開始 延長濾程至96小時濾程操作為期約35天。 圖 5 為過濾池在濾程延長前後之出水濁 度、過濾出水量與水頭損失之變化比較,發 覺延長濾程後出水濁度幾乎沒有變化,皆保 持低濁度且優良的出水水質(圖 5a),而相對 應的過濾池的出水水量(圖 5b)也幾乎沒有因 此變化(少),惟一有明顯變化的是濾程延長 前後之最高水頭損失由原本 0.6-0.8M 升高到

0.8-1.0M,對於現場操作沒有任何的影響。

反沖洗後的初期階段造成清潔濾床,此 時禍瀘的機制只有單純的瀘料表面的機械 篩除, 反而容易造成濁度物質的瞬間穿透, 延長濾程操作時濾床濾料已經成熟,膠羽顆 粒會被阻擋在瀘料之上,使濾床形成另一自 然過濾系統四,此時過濾的機制包括機械篩 除,及其下濾料表面或孔隙間之沉澱、吸 附、攔截及擴散等作用,更增加了出水水質 的穩定性。

為確認所有快濾池皆可延長至 96 小時 操作,特別將效能不良的第 14 號快濾池作 比較分析(如圖 6),發覺延長濾程後出水濁度 依然幾乎沒有變化,皆保持低濁度且優良的 出水水質(圖 6a),而濾程延長前後之最高水 頭損失由原本 1.2-1.4M 升高到 1.6-1.8M(圖 6b),已經接近反沖洗達成條件之水頭損失達 2.0 M 條件,雖出水安全風險較高但尚可接 受。為確認有效的反沖洗作業可有效再生濾 床過濾機制,針對反洗過程的反洗水濁度的 變化,則監控了延長前後之反洗水濁度變化 (圖 6c),在 72 小時濾程下反洗水濁度在 150 秒達到最高,而 96 小時濾程下反洗水濁度 在 180 秒達到最高,延長濾程導致達反洗水 最高濁度的時間有延時且增加,但皆在 360 秒後形成潔淨的濾床,AWWA 建議[1]的反 洗水管理準則,當濾床反洗時,洗到反洗廢 水濁度約降至 15 至 20 NTU 即可停止,不 應洗得太乾淨,以避免快濾池之初期穿透, 14 號池出水水質堪稱良好,故皆為有效的反 洗作業,延長濾程操作確認可行。

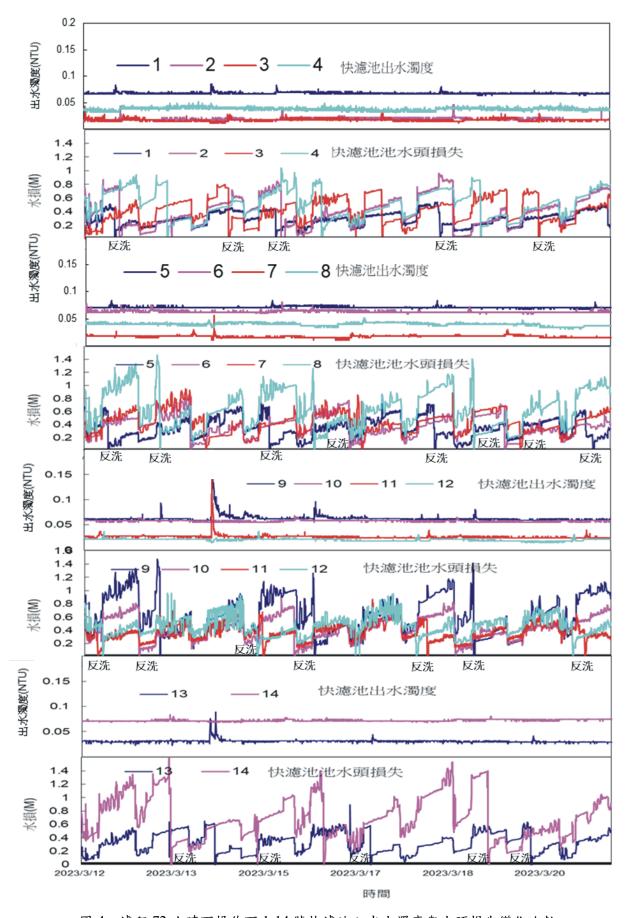


圖 4 濾程 72 小時下操作下 1-14 號快濾池之出水濁度與水頭損失變化比較



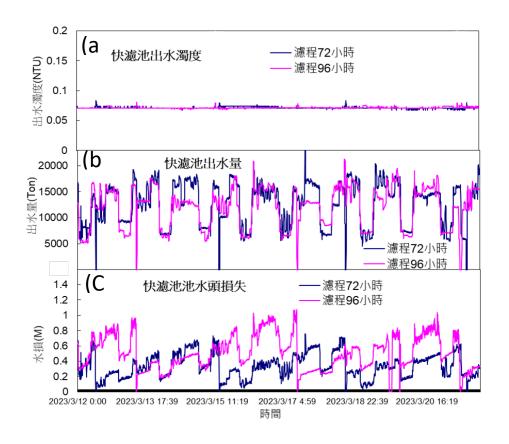
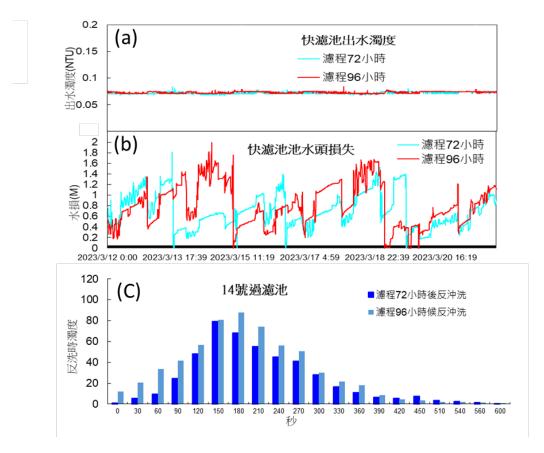


圖 5 第5號過濾池在濾程延長前後(a)出水濁度(b)過濾出水量(c)水頭損失之變化比較



第14號過濾池在濾程延長前後(a)出水濁度(b)水頭損失(c) 反洗時反洗水濁度之變化比較



#### 四、結論

通常沉澱物由濾料表面脫附可視為一 種不穩定平衡。例如,濾料被貫穿即是一種 脫附情形,而脫附的顆粒也會再經碰撞而聚 集,通常微生物亦會像其他的顆粒一樣遵循 此機制。微生物最常見的脫附狀況,係在系 統進行過濾時,原先吸附在濾料表面之微生 物,可能會因高水頭損失所造成的高壓而由 濾料表面脫附。當濾層上的膠羽越積越多, 而阻礙過濾進行時,則須進行反沖洗。

- 1.過濾之速度應盡可能維持穩定,任何劇烈 的水量突增(shock loading)之濾率改變,均 可能使濾液濁度增加,此現象也意謂著致 病性微生物有貫穿濾床之可能性。
- 2.在快濾池濾程中,出水閥最適化微調下讓 低出水濁度與水頭損失的快濾池增加出水 開度,避免使效能差的快濾池中濾床脆弱 的部分發生濁度穿透情形。
- 3.在過濾池反沖洗後,重新啟動過濾池期間 是濁度最容易穿透的時期,反洗後靜置後 分段開啟出水閥,以慢速過濾方式進行, 增加濾料與濁度膠羽物質的強度,減緩起 始濁度穿透情形。
- 4.延長濾程具有節能減碳、減少能耗的意 義,本案例至少節省 20-25%的反洗用水 量,與一定比例的反洗次數與電力消耗, 曾有將濾程延長至 100 小時以上的試驗, 但怕濾池中污泥停留時間超過3天會生成 生物性的污染,如藻類繁殖而生成泥球 (Mud balls)等狀況 ,故不建議再繼續延長 濾程。

對於原水存在病原性原生動物之潛在 威脅,如隱孢子蟲及梨形蟲的孢囊,僅數微 米極小的顆粒易穿透淨水程序及抗氯性強 的特性,透過快濾池的最適化微調操作,有 效減少過濾單元在濾程中與反洗後可能的 濁度物質穿透,才有可能於傳統淨水場做到 100%的去除率效果,確保質優良的自來水供 應。

## 參考文獻

- 1. Amirtharajah A., Some Theoretical and Conceptual Views of Filtration, J. AWWA, 80, 12, 36-46, 1988..
- 2. Wu, G. D., S. L. Lo, Predicting Real-time Coagulant Dosage in Water Treatment by Artificial Neural Networks and Adaptive Network Based Fuzzy Inference System, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 21, 8, 1189-1195, 2008.
- 3. Hsueh C. H., Lo Y. K., Lai S. R., Lee Y. C., Chen C. C., Shih M. H., Good Practice Program for Filter Operations and Maintenance-TWD's Experience, IWA, World Water Congress and Exhibition Taiwan, 2009.
- 4. 黄妙如, 我國飲用水中梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲 預測模型與預防對策之研究, 台北大學資源管 理研究所碩士論文,2001.
- 5. Amirtharajah A., Some Theoretical and Conceptual Views of Filtration, J. AWWA, 80, 12, 36-46, 1988.
- 6. Reynolds T. D., Richards P. A., Unit Operations and Processes in Environmental Engineering (Second Edition), PWS Punishing Company, 1996.
- 7. Boller M. A., Kavanaugh M. C., "Particle Characteristics and Headloss Increase In Granular Media Filtration", Water Research, 29, 4, 1139-1149, 1995.



## 作者簡介

## 李育輯先生

現職:臺北自來水事業處二級工程師

專長:淨水處理與水質管理

## 李育樟先生

現職:臺北自來水事業處公館場場長

專長:淨水處理與供水管理

## 駱尚廉先生

現職:台灣大學環境工程研究所特聘教授

專長:淨水處理與環境工程與管理

期別	主題	子   題	時程
43 卷 第 4 期	供水服務	1.提升服務品質、2.資訊管理與應用、3.自動 讀表技術應用、4.物聯網及 ICT 技術、5.節 約用水及效率措施、6.可持續的水價、7.進 階抄表管理系統・8.氣候變遷、9.抗旱期間 供水服務與經驗。	11 月
44 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。	
44 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



# 台水行動檢驗車簡介

## 摘要

為因應全球氣候變遷及民眾對水質安 全之高度要求,台灣自來水公司(台水公司) 引入並實際打造水質行動檢驗車,該車配備 先進水質檢驗設備,包括高階質譜儀、總有 機碳監測儀、分光光度計及深層藻種藻數監 測儀等,能夠現場快速識別超過300種潛在 有害物質,從微生物到有機與無機物質,以 及異味等多種水質安全問題,使台水公司未 來在面對水質事件時,可於現場即刻進行全 面的水質檢驗,迅速針對問題制定對策。相 較於過去在水質事件發生時之常態應對方 式,需超過2天的水質檢驗流程,水質行動 檢驗車預計只需 30 分鐘即可完成現場初步 污染鑑定,且能進行持續性水質監測,大幅 縮短恢復供水的時間。這不僅展現政府對建 設可持續與安全供水環境的承諾,也增強民 眾對台水公司動態反應能力及水安全的信 心,確保民眾用水安全及產業之穩定發展。 關鍵字:水質行動檢驗車、氣相層析儀、質譜儀、自動吹氣捕捉 裝置、光學顯微鏡、總有機碳分析儀、葉綠素/藻類分析

## 一、前言

全球暖化及氣候變遷已成為最受關注 的重要議題,目對人民生活之各層面已造成 深遠的影響。特別是其對地區性之微氣候的 改變,更是不容忽視的危機。隨著地表溫度 逐年升高,極端氣候事件的頻率及強度亦顯

## 文/刁文儀、柯冠宇、陳文祥、李丁來

著增加,而對水資源的可用性產生直接的影 響。地區性微氣候的變化,將導致北部及南 部的降雨量出現明顯的差異。據統計,從 2016 年到 2100 年,北部「無降雨日數」預 計每20年將增加90%,而南部「豪大雨日數」 每 20 將增加 136%[1],這種水文循環及降雨 模式的變化,可能導致原水中營養鹽濃度升 高或出現鹽化,而影響水質,對於水務公司 的運營管理構成嚴峻的挑戰[2]。

近年台水公司面對水源水質異常事件 如表 1 所示,包含水源受污染、遭非法偷排 廢水,造成淨水場緊急停水;另藻類滋生水 質惡臭、水庫水位下降藻類大量滋生造成水 質色、臭問題。

當水質事件發牛時,訊速應變及復原至 關重要,在應變期間最需要快速水質檢驗數 據,作為替代水源、污染去除,安全供水的 判斷依據。然而。常規的水質檢驗流程,樣 品通常需數小時運送至檢驗室,且可能需超 過一天的時間才能獲得分析結果。此外,其 結果只能反應採集水樣當下的水質狀況,無 法即時反映處理進度及水質動態。

為解決相關問題,台水公司建造水質行 動檢驗車,用於水質事件應變過程,快速到 達現場進行污染鑑定,並進行持續 24 小時 的水質分析,提供實時、關鍵的水質數據, 而應變小組能藉由這些數據迅速做出必要 的決策,將事件的影響降至最低。



種類	油污染	異臭味	生活污水	溶劑洩漏
分析項目	●(半)揮發性有機物 ●總有機碳	<ul><li>●臭味物質</li><li>●總有機碳</li><li>●藻種藻數</li><li>●葉綠素</li></ul>	<ul><li>●(半)揮發性有機物</li><li>●臭味物質</li><li>●總有機碳</li><li>●氨氮</li></ul>	●(半)揮發性有機 ●總有機碳
分析設備	●氣相層析質譜 ●有機碳分析儀	●氣相層析質譜 ●有機碳分析儀 ●藻類分析儀	●氣相層析質譜 ●有機碳分析儀 ●分光光度計	●氣相層析質譜 ●有機碳分析儀

表1 原水水質異常事件

## 二、國外行動檢驗車之案例探討

## (一)日本東京都水道局

日本東京都水道局在 2018 年投入使用 的行動檢驗車(mobile laboratory)是一部配備 許多水質檢驗分析儀器的車輛,主要是用於 水質事件在現地(on-site)進行污染鑑定及連 續監測等用途。由於水質事件如交通事故、 操作失誤、設備故障及損壞等引起之油污洩 漏或河川水源遭受污染而出現異味及水生 生物大量死亡等案件,其事發地點通常與水 質管理中心(water quality management center) 的所在地相距遙遠,而需要很長的時間才能 獲得從事發地點採集而來的水樣(sample)並 完成水質檢驗分析。

為能在緊急時刻,快速分析水質,增加 檢驗頻率,掌握水質動態,於是打造行動檢 驗車,並隨車攜帶水質檢驗分析儀器, 訊速 到達現場,以確認污染源排放之污染物濃度 隨時間變化的情形,同時藉由不同位置所採 集而得之水樣,進行水質檢驗分析,以評估 污染來源及受影響範圍,實施相應的處理措

施。

有關東京都水道局行動檢驗車所配備 的水質檢驗分析儀器包含分光光度計、伏安 法儀器、水銀溫度計、離子層析儀、氣相層 析儀、螢光光譜儀及流式細胞儀等,能夠使 WQMC 分析至少 46 項水質參數,其中有 31 項與飲用水水質標準中影響健康物質相關 的參數。

此外,在電源方面,該車配備可從市電 (utility power)獲取電能的充電電池,以及使 用液化石油氣的發電機。值得注意的是,因 車內電源不足以供給耗電量較大的設備同 時啟用,故實際使用上,是先以小型分析儀 器進行初測,再使用相應的大型儀器(即耗電 量較大的儀器)進行實時檢驗,以克服電源的 限制[3]。

### (二)新加坡公共事業局

新加坡公共事業局在 2020 年投入使用 的行動檢驗車配備可隨車攜帶的水質檢驗 分析儀器,專門用於快速、自動化檢驗大腸 桿菌(E. coli)及總大腸菌群數,以確保飲用水 的安全。



該車的主要功能是在接到民眾反映水 質問題後,迅速到達現場進行檢驗,並在移 動過程中完成水樣分析,大幅縮短水質檢驗 報告產出的時間。車內裝有鋰電池,可於車 輛行駛中進行充電,以支援連續運作[4]。

## (三)美國環境保護署

美國環保署於 2021 年啟用的行動檢驗 車是設計為第五輪拖車(fifth-wheel trailer) 的實驗室。該車由前方的拖車頭(可為轎車 或貨卡)提供動力,並透過一個特殊的接合 裝置與後方的實驗室連接,由拖車頭拖行實 驗室。在實驗室尺寸部分,其長度及寬度分 別為 30 英尺和 8.25 英尺,室內配備衛星通 信、板載發電機及空調系統等設施。

該車主要用於災難應對、執行『國家污 染物排放消除系統(NPDES)』及『資源保 護及回收法(RCRA)』的規定,以及飲用水 水質的檢驗分析,以確保水源、工廠排放的 廢水及事業廢棄物的貯存條件符合法規要 求。它提供現場支援、快速篩檢能力,高效 地利用資源,並能快速獲得分析結果,從而 提高成本效益。

此外,車上裝有用於空氣樣品分析的浮 潛支架、天氣站支架以及用於通訊的衛星碟 支架,可用於監測空氣品質及天氣條件。它 在卡特里娜及麗塔颶風中的應用實績突顯 了該車在快速分析的重要作用[5]。

## 三、國內行動檢驗車之案例探討

國內已有許多政府機關陸續建造行動 檢驗車,應用於不同的需求及用途。2013年 經濟部水利署委請國立成功大學建置「移動」 式有害藻類及微生物監測平臺」(水質檢測 車),藉以了解國內重要水源中優勢藻種,並 探討藻類營養鹽的來源及優氧化成因,以利 提前因應準備;2019年因應六輕工業區空氣 揮發性有機物污染,雲林縣環保局打造氣相 層析質譜移動實驗室;2024年4月環境部為 防止空氣重金屬污染,另打造耦合電漿層析 質譜儀行動實驗室;農業部預計 2024 年年底 完成 5 部配備液相層析串聯質譜儀 (LC/MS/MS)行動實驗室,為全臺農產品農藥 殘留把關,並將分析結果作為採收時機之策 略研判参考,進一步保障農業安全及食品衛 牛。

# 四、台水公司水質行動檢驗車介紹 (一)核心用途

中以上國外及國內相關案例可知, 車載 質譜儀等精密檢驗儀器,技術已相當成熟, 且蔚為潮流。而台水公司為應對水質安全挑 戰,創建全國首輛配備高階質譜儀的水質行 動檢驗車,旨在現場迅速鑑別污染源並持續 進行水質監測,以確保處理策略的實施效 果。此車的核心用途集中於以下3個層面: 1.緊急應變:台水公司在緊急事件中運用的 處理程序依序為: 通報、減災、準備、應 變及復原,而行動檢驗車於此過程所扮演 的角色集中於應變及復原,由行動檢驗車 提供即時數據檢驗,有效界定污染來源及 範圍,使台水公司能在水質事件發生時迅 速做出反應。此能力不僅有效提升應對突 發環境事故的處理效率,亦增強污染控制 的精確性。

- 2.巡迴抽驗:藉由全國巡迴的定期水質抽 驗,行動檢驗車不僅在非緊急情況下進行 水質檢驗,也強化員工的應變意識及能 力。此外,定期的水質抽驗有助於提早發 現潛在的問題,進而保護公眾健康及產業 發展需求。
- 3.教育宣導:行動檢驗車在淨水場所舉辦的 防災及搶救演練中扮演重要角色,可提供 教育及培訓的平臺。車上配備50吋外掛螢 幕,可於常規監測時向公眾展示水質檢驗 流程,亦可於緊急情況下提供即時的信息 更新,增進民眾對台水公司快速反應能力 及水安全的信心。

## (二)外觀設計元素

水質行動檢驗車之外觀設計圖如圖 1 所 示,設計圖是依據台水公司企業識別手冊中 相關建議進行設計,車頭及後方廂體之底色 皆採用「台水藍 20%」,以維持整體視覺一 致性。而企業標章、車側波浪狀及水滴輔助 圖示,亦參考該手冊中相關圖案之造型及配 色進行設計,以呈現明亮、活力及現代感, 並展現「台水永續」之企業精神。

位於車廂後方的圖示中,展示機器人與 工作人員同時注視前方水滴的剪影,此象徵 台水公司在先進水處理技術及管理方面之 積極投入與創新。此圖像不僅傳達其致力維 護供水安全及提升用水體驗的承諾,亦突顯 該車配備精良儀器,將提供卓越的服務體 驗。

此外,在圖示下方標註「Best Technology

Equipment (最佳技術裝備)及台水公司服務 專線「1910」字樣,與車牌「BTE-1910」巧 妙結合,藉此營造台水公司作為淨水技術領 **導者的品牌形象。** 

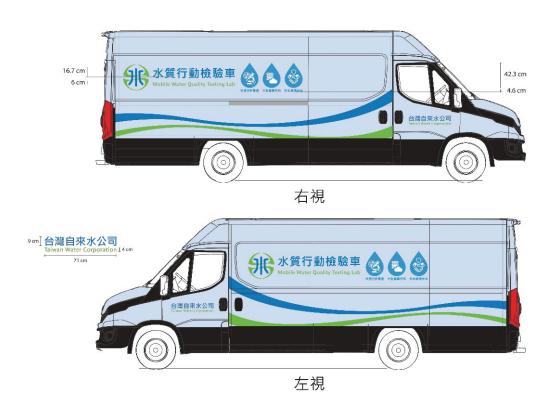
## (三)車載檢驗儀器

台水公司水質行動檢驗車配備先進的 檢測儀器,包括氣相層析質譜儀、總有機 碳、分光光度計、濁度計、光學顯微鏡、藻 數藻種分析儀等,能檢測水質標準 68 項, 水源水質標準 10 項,揮發性有機物 61 項、 藻類 90 餘項,常用農藥 100 餘項,加上藻類 毒素及異臭味等較為複雜水質問題,合計超 過 300 項危害物質,即時提供關鍵水質數 據,縮短復舊工程所耗費時程,相關儀器羅 列如表 2 所示。

#### (四)電力系統

因車內裝載氣相層析質譜儀及自動吹 氣捕捉裝置等設備,而需較高功率進行操 作,故該車採用 220V 50A 電源系統以供足 夠電力來滿足車內多個高耗電設備同時運 行的需求。此外,鑒於車內操作檢驗儀器, 需額外接用市電,為確保在市電供應不穩定 或突然中斷時,車內關鍵儀器如氣相層析 儀、質譜儀等仍可持續運作, 防止分析數據 丢失或儀器損壞,車內裝有不間斷電源系統 (UPS),提供穩定的電力供應。而當需要由 汽車電池切換成外部市市電時, UPS 也能夠 在此過程中為儀器提供無間斷的電力,並順 利從交流電轉換為直流電,確保儀器設定不 受影響。





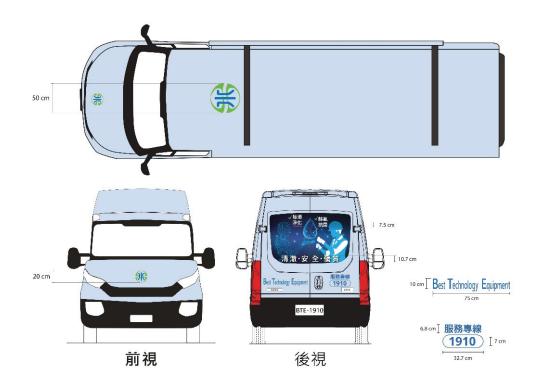


圖 1 台水公司水質行動檢驗車外觀設計圖



#### 表 2 台水公司水質行動檢驗車車載儀器及相關應用

檢驗項目	檢驗儀器	應用
	高濁度計	高濁度 10000NTU
	濁度計	濁度
基本水質項目	pH 計	氫離子濃度指數
	餘氯計	餘氯
	導電度計	導電度
一般水質項目	分光光度計	氨氮及各類鹽類、酚、重金屬等水質指標
(半)揮發性有機物	氣相層析質譜儀	總三鹵甲烷等 61 項揮發性有機物
異臭味物質	固相微萃取裝置	2-MIB 等揮發性臭味物質
藻類	光學顯微鏡	藻類鏡檢
指標性微生物指數	微生物活性檢測儀	大腸桿菌群等指標性微生物
總有機物	總有機碳監測儀	總有機碳
葉綠素、藻類	葉綠素/藻類檢測儀	葉綠素 a 及藻類數量、種類鑑定

## 表 3 台水公司水質行動檢驗車主要行車安全配備及水質檢驗儀器介紹







圖 2 台水公司水質行動檢驗車成果展示

行動檢驗車的電力設施設計講究實用 及安全,包括配備至少30公尺的外接電源 線及收線盤,以便於遠端供電點安全、便捷 地接捅市雷。車內設有6個室內插座,每個 均裝有防水盒及獨立漏電斷路裝置,特別適 用於潮濕環境,增強用電安全。為了應對突 發斷電,整個系統包含電力評估與斷電控制 系統。此外,考量到可能的雷擊風險,車輛 亦配備避雷針及接地系統,以保護敏感儀 器。為應對各種路面,車輛裝有4支獨立控 制的油壓支架(如表 3 所示),確保各種檢驗 儀器在操作過程中的穩定及平衡。

#### (五)預期效益

1.水源遭受污染時,行動檢驗車可快速(約 1~2 小時)前往現場,並於 30 分鐘內完成水 源污染初步鑑定,確定河段受污染範圍或 水庫污染深度,即刻尋找未受污染替代水 源或改變取水口深度。

2.行動檢驗車可現地持續進行24小時水質分 析,即時配合復舊工程推度提供重要參 數,作為鑑定污染物質,確定污染範圍、 防範污染擴散,尋覓替代水源、淨水流程 污染去除,完成安全供水的依據,有效縮 短復水時程,避免長時間影響用戶用水權 利,提升民眾安全用水的信心。

#### 四、結語

台水公司建置及應用水質行動檢驗車 不僅顯示對創新技術的不斷追求與精進,更 展現政府打造永續安全之供水環境。本報告 為讀者詳盡介紹台水水質行動檢驗車在水 質事件中所扮演的關鍵角色,以及如何透過 此平臺提升應變能力及供水安全。



行動檢驗車配備高階水質檢驗分析儀 器,可使台水人員能在短時間內對水質問題 進行現場詳細分析,並針對各種突發狀況訊 速因應。這種即時檢驗能力極大縮短從發現 問題到作出反應的時間,是提升水質安全管 理效率的重要技術。

此外,由行動檢驗車所主導的水質定期 抽驗工作,除可確保供水品質,提早發現潛 在的水質問題,亦增強公眾對水質安全的信 心。另藉由教育宣導及強化公眾參與,行動 檢驗車亦扮演重要的公共教育角色,提高公 眾對水質保護重要性的認識及理解。

未來,隨著技術的進一步發展及經驗的 積累,相關運用將更加廣泛,並進一步確保 公眾用水安全。

## 參考文獻

- 1.天下雜誌,「【全球暖化特輯】疫情過後,台灣 進入氣候緊急狀態?」, 2020.4.28。 https://www.cw.com.tw/feature/topic/global-warmin g
- 2. 香港天文台,「氣候變化」, 2018-2024, https://www.waterconservation.gov.hk/sc/at-school/ secondary-school/challenges-initiatives-hk/climate-c hange/index.html
- 3.東京都水道局,「Risk Control of Accidental Water Quality Deterioration in Tokyo Metropolitan Waterworks \_ , 2018 °
- 4.新加坡公共事業局,「PUB Mobile Lab Application \_, 2023 , https://www.pub.gov.sg/
- 5.美國環保署,「EPA Region 6 Mobile Laboratory」 , 2024, https://19january2017snapshot.epa.gov/

#### 作者簡介

## 刁文儀女士

現職:台灣自來水公司水質處工程師

專長:環境工程、化學工程

## 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

#### 陳文祥先生

現職:台灣自來水公司水質處處長

專長:自來水工程規劃設計、環境工程、化學工程

## 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

# 北水處導入 AI 運用初探

## 文/時佳麟、張瑛興

## 摘要

臺北自來水事業處面對全球人工智慧 AI 技術浪潮,期待實現數位轉型以提升營運 效率和服務品質,要成功應用 AI 技術,除 要掌握資料、算法及算力三大資源外,還需 循序掌握二把鑰匙:AI 基本功及推動方式, 才能成功達陣。首先,從主管有願景、同仁 肯行動和 AI 素養教育訓練,這些要素確保 了戰略方向、員工積極參與和技能提升。其 次,AI 推動方式則是目標設定、需求識別和 工具選擇,確保 AI 技術能夠解決實際問題 並有效應用。最後,AI 使用數據、算法和算 力三大資源,是 AI 技術成功運作的基礎。 北水處依據這三項重要關鍵鑰匙,建立推動 小組、辦理數據及需求盤查,導入算力及演 算法技術,期待能打開 AI 技術大門,實現 智慧化管理,提升競爭力,迎接新時代的挑 戰。

關鍵字:自來水事業、數位轉型、人工智慧 (AI)、AI 基本功、AI 推動方式、AI使用資源、數據、算法、算力、智慧化管

## 一、緣起

從一個真實小故事說起,在2022年哥本 哈根國際水協會(IWA, International Water Association)的研討會上,臺北自來水事業處 (以下簡稱北水處)與會同仁與國外學者交 流,介紹北水處自 2017 年開始進行 GIS 系統 導入水理模型,推動智慧水管理(Smart Water System)運用,國外學者很好奇的詢問如何強

行智慧管理,在數位化外有沒有使用什麼演 算法(algorithm),並說明他的看法:「沒有演 算法,只是數位化(Digitization),不是智慧化 (Smart)」,在同仁分享這個故事後,讓北水處 在數位化與智慧化有了更深刻的體認與想 法。

北水處自 1994 年開始,分別在 GIS、 SCADA 及 MIS 方面,經歷過至少 2 次數位 轉型階段(圖 1),並自 2017 年開始推動智慧 水表及智慧水管理業務,也派員參加 R、 Python 程式語言課程及台灣人工智慧學校訓 練;也著手 AI 人工智慧(Artificial Intelligence) 議題研討,例如:推動水理模型導入智慧水 管理方面, 在水理模型 C 值校正及漏水潛勢 分析二方面,就分別利用了遺傳演算法及機 器學習演算法達到所需的成果。

而此時面對台灣人口老化少子化以及 氣候變遷的嚴峻挑戰,因為本國就業人口數 降低及用水型態的變遷,導致在工作上需要 更「多」面向考慮,但在招募自來水新進人 力時確只能有更「少」選擇。這樣變化將衝 擊到永續經營與規劃,因此如何在數位化的 同時,打開人工智慧 AI 與管理運用的大門, 必須加強「AI 基本功」的能力,以有效地「AI 推動方式」,建立運用「AI使用資源」。落實 提高知識轉移及工作效率,協助自來水事業 因應這些挑戰,以確保水資源的永續性,提 供民眾穩定的供水與安全的飲水。





北水處在 GIS、SCADA 及 MIS 數位轉型

## 二、人工智慧AI的發展趨勢

## (一)什麽是 AI 人工智慧

人工智慧(AI)是指由計算機系統完成 通常需要人類智能才能完成的任務的能力。

這些任務包括學習、推理、問題解決、 咸知和語言理解等。AI 的發展可以追溯到 20世紀中期,當時數學家和科學家開始探索 如何通過算法和計算模型來模仿人類智 能。1956年,達特茅斯會議被認為是 AI 研 究的正式開始,會議上首次提出了"人工智 慧"這一概念。隨後幾十年,AI 經歷了多次 熱潮與低谷,從早期的專家系統到現代的機 器學習和深度學習技術。特別是21世紀初, 隨著計算能力和數據存儲技術的進步,AI 技術得到了迅猛發展,特別是深度學習算法 的突破,極大地提升了 AI 在圖像識別、語 音識別和自然語言處理等領域的能力。

AI 技術的應用正在改變各行各業的運

作模式。在醫療領域,通過分析大量的醫學 圖像和數據, AI 系統可以提高診斷的準確性 並發現早期症狀。金融行業運用 AI 於風險 管理、欺詐檢測和自動交易,提升效率和安 全性。製造業則在生產過程的 AI 自動化和 優化,提高生產效率並降低成本。這些應用 展示了 AI 在提升效率、降低成本和改善服 務品質方面的巨大潛力。

AI 技術的成功依賴於三個核心資源:數 據、算法和算力(圖 2)。首先,數據是 AI 系 統基礎,通過蒐集和分析大量數據,AI 系統 可以從中學習並進行準確的預測和決策。其 次,算法是 AI 系統核心,決定了如何從數 據中學習和提取有用資訊。目前,機器學習 和深度學習是最主要 AI 算法,能夠處理複 雜的數據並產生高效率的模型。最後,算力 是 AI 技術的支撐,強大的計算能力使得 AI 算法能夠在合理的時間內處理大量數據並



完成訓練。隨著雲計算和專用 AI 硬體(如 GPU、TPU)的發展,算力得到了顯著提升, 這也是 AI 技術快速進步的重要原因之一。 這三個資源要素共同作用,推動 AI 技術發 展和廣泛應用。



圖 2 AI 三個核心資源:數據、算法和算力

## (二)世界正面臨的人工智慧 AI 數位轉型

全球 AI 技術的發展呈現出迅速增長的 趨勢,特別是在深度學習、自然語言處理和 計算機視覺等領域的突破性進展推動下。許 多國家和地區都在積極投資於 AI 研究和開 發,以確保在這一前沿技術領域的競爭優 勢。美國的科技巨頭如 Google、Microsoft 和 Amazon 等公司,通過設立專門的 AI 研究實 驗室和併購創新企業,不斷推動 AI 技術的 創新和應用。中國也在政府的支持下,大力 發展 AI 技術,通過實施《新一代人工智能 發展規劃》,目標是成為全球 AI 領域的領導 者。歐洲則注重 AI 的倫理和規範,致力於 在保護個人隱私和數據安全的同時,推動 AI 技術的發展。全球範圍內, AI 技術已經 應用於醫療健康、金融服務、製造業、自動 駕駛和智慧城市等多個領域,提高營運效率 和服務品質。

台灣在 AI 技術發展方面也取得了顯著 進展,特別是在半導體製造和 ICT 產業的支 撐下,擁有強大的技術基礎和創新能力。台 灣政府積極推動 AI 技術的研發和應用,制 定了《台灣 AI 行動方案》,目標是通過資金 支持、人才培養和產業合作,發展 100 個以 上的 AI 應用解決方案,全面提升台灣的 AI 技術水準。台灣的科技公司如台積電 (TSMC)和鴻海(Foxconn)等,在AI硬體 製造和應用方面取得了領先地位。此外,台 灣的學術界和研究機構,如台灣大學和工業 技術研究院,也在 AI 基礎研究和應用研究 方面發揮了重要作用。台灣 AI 技術已經應 用於智慧製造、智慧醫療、金融科技和智慧 城市建設等多個領域,提升了這些行業的競 爭力和服務品質。

在政府學校使用 AI 技術的運用現況, 如圖 3 所示,依據 IThome 電腦報周刊 2023 年 11 月 29 日發佈的調查, AI 應用及資安管 理是未來發展要項,而加速轉型、強化資安 仍是重點,設備維運(Dev+Ops)異軍突起,為 IT 開發端與維運端相互理解與妥協的思 維,同樣適用於 AI 開發與佈署。另外逾 2 成將採用 AI 類應用,4 成資訊主管(CI)強化 員工資安意識,3成強化資料保護機制。

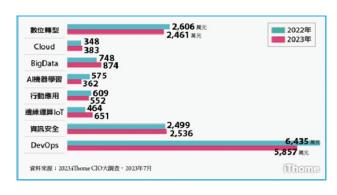


圖 3 2023 年政府學校八大重點 IT 投資

盤點過去歷史上重大技術浪潮,從1780



年代蒸汽內燃機開啟世界工業革命的內燃 機時代,歷經電力發明開啟電氣化時代,然 後是電子資訊技術發展造就數位化雲端及 人工智慧 AI 技術發展,人類社會已面臨了 多次轉型。但 2022 年生成式 AI (ChatGPT 3.5) 横空出世,人工智慧 AI 爆發成長,世界再 一次進入另一階段的數位轉型。如圖 4,筆 者重新整理了人工智慧歷經三波浪潮及二 次低谷的發展歷史,並納入 2024 年正跨越技 術斷層進入AI大爆發期的趨勢。

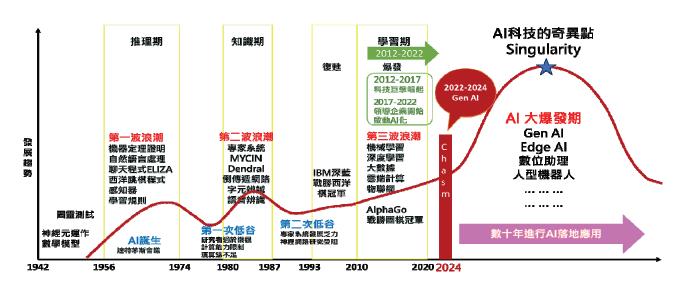
如科技報橘社長戴季全在 2023 年 11 月 16 日的報導中所言:「世界正面臨工業革命 後第二次大分流,正如前分流的方式,以生 產力和產值,區分為「已開發國家」與「未 開發國家」,這一波的分流主要驅動力就是 人工智慧 AI」,AI 作為當前最具革命性的技 術進展之一。揭示 AI 技術的重要性,也突 顯它在未來社會經濟結構中可能帶來的深 遠變革。

## 三、自來水的AI數位轉型課題

#### (一)導入 AI 的背景與需求

隨著城市化進程的加速和人口的不斷 增長,自來水事業面臨著日益增大的供水壓 力和資源管理挑戰。傳統的供水管理方法已 經無法滿足現代城市對高效率、穩定、安全 供水的需求。AI技術的引入,為自來水事業 提供了一個強而有力的解決方案。通過 AI 技術,自來水事業可以實現對供水系統的精 細化管理,包括預測和防止漏水、優化泵站 運作、提升水質監測的準確性等。 同時, AI 技術還可以幫助自來水事業提高營運效 率,降低營運成本,並提供更好的客戶服 務。因此,導入 AI 技術已成為自來水事業 提高競爭力和應對未來挑戰的必要選擇。

在數據管理與服務運用方面,自來水事 業也面臨諸多挑戰,包括自來水系統中來自 不同監測設備、歷史記錄和即時數據等,存 在大量的不同系統的異質數據,要如何有效 地蒐集、存儲和處理這些數據。其次,數據 是否完整且正確,數據品質問題可能導致預 測結果的不準確,直接影響 AI 模型成效。 而各部門間數據共享和協同工作的環節也



人工智慧歷經三波浪潮及二次低谷,2024年正跨越技術斷層進入 AI 大爆發期



是必須被重視的,否則變成數據孤島阻礙資 訊流通,影響決策效率,也會影響及時回應 客戶需求。總之,數據管理和服務運用的挑 戰,亟需通過先進的 AI 技術來解決,以實 現智慧供水和高效率營運。

另外,在導入 AI 技術的過程中,不論 是 AI 的資安或者是資安的 AI 議題,以及機 敏資料管理,都面臨著嚴峻挑戰。簡言之, 隨著數據量的增加和數據流通範圍的擴 大,如何確保數據的安全性和隱私性成為首 要問題。自來水事業需要加強資安意識,制 定嚴格的 AI 及數據管理政策,及運用先進 的安全技術來保護機敏資料。

#### (二)自來水業 AI 相關的研究應用

AI 技術在水資源管理中的應用已經成 為全球趨勢,無論是從效率提升還是資源節 約方面,均展示了顯著的優勢。從近期的研 究與應用成果探討 AI 技術在水資源管理領 域的實踐。在 2023 年哥本哈根 IWA 國際水 協會大會中有許多研究發表,包括利用水理 模型訓練神經網路可以顯著提高雨水管網 路的管理效率。這項技術透過模擬降雨、流 量和水位等多個變量,實現對水管網路的精 確控制,從而避免溢流和資源浪費。其次, Idrica 的雲端 AI 平台通過整合 AMR(自動抄 表系統)、SCADA(監控和數據採集)及GIS (地理資訊系統)等數據,提供了強大的監 控和分析功能。

而 2023 年底於高雄舉行的 IWA-Aspire 會議上,共發表了 24 篇及台灣水協會研討 會上有 4 篇與 AI 人工智慧相關論文,涵蓋 了水質處理、維運管理、漏水檢測等多個方 面,展示了 AI 技術的廣泛應用。例如,非 線性方程組求解及 GA 演算法在水表誤差解 決中的應用,顯著降低了水表誤差,提升了 數據準確性。還有最佳變頻回授控制的研 究,通過GA演算法選擇最佳方案,達到降 低能耗和提高系統穩定性的效果。

## (三) 北水處近年在 AI 技術的投入與應用

北水處自 2017 年開始,即致力於瞭解並 研究人工智慧(AI)相關議題,積極培訓人 員以掌握 AI 技術。截至 2023 年,北水處共 派遣 37 人次參加 AI 相關訓練,涵蓋多項課 程及學習領域,包括 R 語言程式設計:三期 課程,共22人參加。Python語言程式設計: 三期課程,共3人參加。台灣人工智慧學校 經理人班四期課程,共 13 人參加。台灣人 工智慧學校技術領袖班三期課程,共3人參 加。

在業務研究與應用方面,北水處也運用 了多種 AI 技術來提升營運效率和服務品質: 1.機器學習預測高風險漏水管段:機器學習 在自來水事業中的一個重要應用是預測高 風險漏水管段。傳統的漏水檢測方法主要 依賴於人工巡檢和反應性維護,效率低且 成本高。通過機器學習技術,可以利用歷 史漏水數據、管網資料、地理資訊和環境 因素等多維度數據,建立預測模型。這些 模型可以識別出哪些管段更容易發生漏 水,並提前預測潛在的風險。北水處利用 機器學習技術對自來水漏水案件進行資料 標註和訓練,成功預測漏水熱區。此研究 成果於 2019 年投稿至國際水協會(IWA)。 2.數據分析預測及最佳解:透過啟發式 AI(遺 傳演算法)來解決供水表差問題,該研究 案於 2020 年自行完成,並於 2023 年再度



投稿至 IWA。

- 3.數位孿生及模擬應用分析:利用數位孿生 技術對內湖區泵站進行耗能優化,泵站是 自來水系統中能耗最大的環節之一,如何 優化泵站的運作以降低能耗是自來水事業 面臨的一大挑戰。數據分析技術可以有效 解決這一問題。通過對泵站運作數據的深 入分析,AI 系統可以找出能耗模式,識別 出不必要的能耗環節,並提出優化建議。 這一研究於 2022 年完成, 並於 2023 年投 稿至環境工程會刊。
- 4.影像辨識應用:神經網路在影像辨識方面 的應用也為自來水事業帶來了顯著的效 益。自來水系統中,有大量的設備和設施 需要進行定期檢查和維護,傳統的人工檢 查方法效率低且容易出現漏檢。通過引入 神經網路技術,這些問題可以得到有效解 决。使用神經網路技術辨識自動抄表系統 (AMR)的態樣,此研究於 2023 年投稿至 IWA 。

為了更有效推動 AI 技術的應用, 北水 處於 2023 年 7 月 28 日正式成立了自來水大 數據及 AI 技術運用小組。該小組成員包括 各主要技術及業務幕僚科室,包括技術科、 供水科、業務科、資訊室、淨水科及水質科 等單位。主要工作包括:邀請產官學各領域 的專家學者進行技術研討及交流,辦理各單 位的資料庫盤點作業,以確保資料完整性和 準確性,為 AI 應用提供可靠的數據基礎。 根據成員及科室需求,定期檢討參加的科室 及成員,以確保小組運作的高效率性和專業 性。

北水處在 AI 技術應用方面的努力和成 就,不僅提升了供水系統的營運效率,還為 未來的技術發展奠定了堅實的基礎。透過不 斷的學習和實踐,北水處將繼續推動 AI 技 術在自來水供應中的廣泛應用,為市民提供 更安全、可靠和高效率的用水服務。

# 四、自來水在AI及大數據運用探討 (一)三把組合鑰匙打開 AI 大門

北水處探討歷次的轉型成功,重點是轉 換思維,經由使用者有需求、願意改變、同 時簡化工作流程,而使用科技只是輔助解決 需求的工具。面對此次的 AI 浪潮也是一樣, 導入 AI 技術能夠顯著提升自來水系統的營 運效率、服務品質及安全性,「不是為了 AI 而 AI 。然而,要成功實現 AI 技術的應用, 需掌握如圖 4 所示的三把成功的鑰匙,而且 是一把接著一把的組合而成的鑰匙,第一把 是與意願知識有關的,筆稱為 AI 基本功; 第二把是與需求目標有關的 AI 推動方式, 最後才是 AI 使用資源。

## 1.AI 轉型基本功: 意願、行動、訓練

首先, AI 基本功是實現 AI 應用的基石。 主管有願景至關重要,因為高層領導的支持 和戰略眼光能夠為 AI 項目的推動提供方向 和資源保障。同仁肯行動則確保了員工積極 參與和實施變革,通過激勵和參與機制,員 工能夠在 AI 技術應用中發揮主動性。AI 素 養教育訓練是提升整體技能水準的關鍵,透 過系統性的培訓,員工可以掌握 AI 技術的 基本原理和應用方法,從而更有效地支持和 推動 AI 項目的落地。





圖 4 三把打開 AI 大門的組合鑰匙

因為主管有願景,對於發展 AI 支持是 第一重要的事,主管也應具備長遠視野和明 確目標,能夠認識到 AI 技術對企業未來發 展的重要性, 並制定相應的戰略規劃。只有 在高層領導的堅定支持下, AI 項目才能順利 推進。在同仁肯行動方面,員工的積極參與 是 AI 技術成功導入的關鍵。需要通過激勵 機制和項目參與,讓員工願意學習和使用 AI 技術,並在日常工作中不斷實踐和優化 AI應用。

前二者是激勵員工有心進步改變,而在 有心之後必須加強 AI 素養教育訓練,補足 人員的 AI 智能。對員工進行 AI 素養教育和 專業培訓,提升他們對 AI 技術的理解和應 用能力。可以通過內部培訓課程、外部研討 會和實際項目操作等多種方式,讓員工具備 必要的 AI 知識和技能。

#### 2.AI 推動方式:需求、目標、工具

其次,AI 推動方式是確保 AI 項目能夠 順利進行的關鍵。目標設定能夠明確 AI 應 用的具體方向和預期效果,確保 AI 技術真 正解決實際問題。需求識別則幫助企業準確 了解自身的痛點和需求,從而在 AI 技術應 用中有的放矢。工具選擇是確保技術方案適 配和高效率運作的保障,根據具體需求選擇 合嫡的 AI 工具和平台,能夠大大提高 AI 項 目的成功率和應用效果。

在導入 AI 技術時,必須有系統的方法 和策略,這包括目標設定、需求識別和工具 選擇。在目標設定部份,首先,需要明確企 業在 AI 應用上的具體目標,這些目標應該 具體、可衡量且與企業的長期發展戰略相一 致。例如,目標可以是提高供水系統的效 率、減少漏水率或提升客戶服務品質。明確 的目標能夠為 AI 項目的推進提供方向和動 力。而對於需求識別。

在設定目標後,需要進一步識別企業的 具體需求。這包括對現有流程的分析,找出 需要改進的環節,以及 AI 技術能夠發揮作 用的具體場景。需求識別是確保 AI 技術能 夠真正解決問題、提升效率的基礎。接著, 再根據設定的目標和識別的需求,選擇合適 的 AI 工具和技術方案。例如,選擇適合的 機器學習算法、數據處理平台和 AI 硬體設 備等。合適的工具選擇能夠提高 AI 項目的 成功率和效果,避免資源浪費。

#### 3.AI 使用資源:數據、算法、算力

最後,才是一般探討成功導入 AI 技術, 所需要充分利用的三個核心資源:數據、算 法和算力。AI 使用資源是支撐 AI 技術應用 的核心。數據是 AI 技術的基礎,只有擁有 高品質和大規模的數據, AI 模型才能進行有 效的學習和預測。算法是 AI 系統的核心, 選擇適合的算法能夠提升模型的精度和應 用效果。算力是 AI 技術應用的支撐,強大 的計算資源能夠支持 AI 模型的訓練和運



作,保證 AI 技術的高效率應用。

數據是 AI 技術的基礎。需要蒐集、整 理和管理大量高品質的數據,確保數據的準 確性和完整性。只有擁有豐富的數據資源, AI 模型才能夠進行有效的學習和預測。而算 法是 AI 系統的核心。選擇適合的算法能夠 提升模型的預測精度和應用效果。目前常用 的 AI 算法包括機器學習、深度學習和自然 語言處理等,根據具體需求選擇合適的算法 非常重要。最後,算力是支撐 AI 技術應用 的關鍵。需要配備足夠的計算資源,如高性 能計算機、GPU 和雲計算平台等,以支持 AI 模型的訓練和運作。充足的算力能夠加快 AI 項目的開發速度,提升模型的應用效果。

這三把組合鑰匙,即 AI 基本功、AI 推 動方式和 AI 使用資源,構成了成功導入 AI 技術的核心要素。只有在這三個方面都做好 充分準備,才能真正打開 AI 技術的大門, 實現自來水事業的智慧化轉型。總而言之, 掌握這三把組合鑰匙,即 AI 基本功、AI 推 動方式和 AI 使用資源,能夠為自來水事業 打開 AI 技術的大門,實現數位轉型,從而 提升營運效率、服務品質和整體競爭力。在 這場技術浪潮中,自來水事業必須抓住機 遇,充分利用 AI 技術,迎接智慧化管理的 新時代。

#### (二)自來水事業 AI 及大數據運用課題

#### 1.數據管理與整合運用

在自來水事業中,數據管理與整合運用 是實現 AI 技術成功應用基礎。首先,自來 水系統中涉及大量數據,包括來自不同監測 設備、歷史記錄、即時營運數據等。這些數 據的蒐集、存儲和處理需要一套高效率的數 據管理系統。數據的品質對 AI 模型準確性 和有效性至關重要,因此需要確保數據完整 性、一致性和準確性。數據整合也是一大挑 戰,來自不同部門和系統的數據需要統一標 準和格式進行整合,避免數據孤島現象,實 現數據的充分共享和利用。通過建立一個集 中化的數據平台,可以更好地管理和分析數 據,從而提高決策效率和營運效能。

#### 2.資安及機敏資料的管理

隨著自來水事業數據量的增大和數據 流通範圍的擴展,資安及機敏資料的管理變 得尤為重要。自來水事業需要處理大量涉及 用戶個人資訊和營運數據,這些數據一日洩 露或被濫用,可能會造成嚴重的後果。因 此,必須建立健全的數據保護機制,包括數 據加密、訪問控制和監控審計等措施。此 外,隨著 AI 技術的應用,新的安全風險也 不容忽視,例如 AI 系統的漏洞可能被利用 進行攻擊,導致數據被篡改或系統崩潰。通 過加強資安意識,制定嚴格的數據管理政 策,並採用先進的安全技術,自來水事業可 以有效保障數據安全,確保業務穩定運作。 3.員工培訓與能力提升

AI 技術的成功應用離不開員工的積極 參與和能力提升。首先,需要對員工進行全 面的 AI 素養教育和專業技能培訓,讓他們 了解 AI 技術的基本原理和應用方法。這可 以通過內部培訓課程、外部研討會和實際項 目操作等多種方式進行。其次,需要培養員 工的數據分析和處理能力,讓他們能夠熟練 使用 AI 工具和技術,並在日常工作中有效 應用。最後,應該建立激勵機制,鼓勵員工 積極參與 AI 項目,不斷學習和提升自身能



力。只有當員工具備了相應的知識和技能, 自來水事業才能充分發揮 AI 技術的潛力, 實現智慧化轉型。

#### 4.數據分析預測與最佳解決方案

未來,自來水事業將進一步依賴數據分 析技術來提升營運效率和服務品質。通過蒐 集和分析大量的營運數據,可以精確預測用 水需求、漏水風險和設備故障等情況。這些 預測不僅能夠幫助管理者提前採取預防措 施,還可以優化供水系統的運作策略,降低 能耗和營運成本。此外,基於數據分析的最 佳解決方案,將能夠提供更加精準和高效率 的供水服務,提升整體管理水準。未來的發 展方向將包括更精細的數據分析模型和更 加智慧化的預測算法,以實現全方位的智慧 供水管理。

#### 5.影像辨識與數位孿牛技術

影像辨識技術和數位孿生技術在自來 水事業中有廣大的應用前景。經由佈署智能 攝影機和先進的影像辨識演算法(國內最常 用中研院開發 YoLo 演算法),可以自動監測 管道和設備的運作狀態及工地現場管理,及 時發現異常情況,如泄漏、腐蝕故障及違反 勞安規定等。這不僅提高了檢查效率,還減 少了人工成本和錯誤率。此外,數位孿生技 術可以創建供水系統的虛擬模型,模擬實際 運作情況,幫助管理者進行營運決策和優 化。這種技術可以實現對供水系統的全方位 監控和管理,提升系統的穩定性和安全性。 未來,影像辨識和數位孿生技術將在自來水 事業中發揮越來越重要的作用。

### 6.生成式 AI 與大型語言模型應用

生成式 AI 和大型語言模型(如 GPT-4)

在自來水事業中的應用,將開創智慧管理的 新局面。生成式 AI 可以根據歷史數據和當 前運作狀況,自動生成供水策略和維護計 劃,提升決策效率。大型語言模型則可以用 於開發智能客服系統,提供即時的用戶支持 和問題解決,提升用戶體驗。此外,這些技 術還可以幫助自來水事業分析大量文本數 據,如報告和客戶回饋,提取有用的資訊和 趨勢,支持決策制定。未來,生成式 AI 和 大型語言模型將與其他 AI 技術相結合,構 建一個全面智慧化的供水管理系統,提高自 來水事業的整體效率和服務品質。

總之,未來自來水事業將通過深入應用 數據分析、影像辨識、數位孿生、生成式 AI 和大型語言模型等先進技術,不斷提升智 慧化管理水準,實現更加高效率、安全和可 持續的供水服務。通過這些技術的綜合應 用,自來水事業可以更好地應對未來的挑 戰,滿足用戶需求,並在市場競爭中保持領 先地位。

#### (三)北水處後續在 AI 及大數據的導入方式

為了全面提升北水處員工 AI 及大數據 管理方面的素養能力,先期規劃階段將重點 關注幾個重點,並循序漸進。

首先,瞭解各管理單位現況與需求,進 行全面調查,了解內部各管理單位的現況和 具體需求,確保所有單位在數位轉型過程中 能夠獲得針對性的支持和資源。並確認各管 理單位數位轉型目標及效益,明確各單位的 數位轉型目標及其預期效益,制定具體的實 施流程和評估標準,以便更好地衡量轉型進 程和結果。

接著,要瞭解各單位【目標與現況】差



距,分析各單位目標與現況之間的差距實際 情形,找出存在的問題和挑戰,為後續的數 位轉型提供參考依據。然後,盤點各單位數 據資料庫,進行數據庫盤點,確保現有數據 的完整性和可用性。如果現有數據不足,需 規劃新的數據蒐集方式,以滿足數位轉型需 求。並根據現況與目標之間的差距,評估採 用新技術的可行性,並制定詳細的實施計劃 和預算。

選定可行性高且具效益的方案進行技 術驗證(Proof of Concept, POC), 通過驗證確 保新技術的實用性和有效性。對技術驗證成 效高的方案進行正式推動,確保新技術能夠 在實際業務中得到應用並發揮作用。

北水處目前已針對「大數據及人工智慧 數據盤點與未來推動建議規劃」投入資源成 立標案規劃,預定至2024年完成以下項目: 1. 盤點自來水相關數據內容:全面盤點自來 水事業內部的相關數據內容及各科室現有 的數據運用方式,為未來的數據管理和 AI 應用提供基礎。

- 2. 蒐集 AI 及大數據應用作業成果: 蒐集國內 外各自來水事業在 AI 及大數據應用方面 的作業成果,分析其成功經驗和存在的問 題,作為北水處未來的發展提供借鑒。
- 3.制定推動規畫策略:擬定北水處短、中、 長期的大數據及 AI 推動計畫,制定符合自 來水事業實際情況的 AI 推動步驟。確保數 位轉型的持續推進和效果落實。

而在北水處 AI 小組也同時進行標竿學 習、教育訓練及資料清查作業。瞭解國內已 經進行 AI 運用的單位,如中油、台電等, 提出參訪標竿學習規劃,學習其 AI 推動策 略和步驟。並各科室預先清查作業內容,每 月召開會議討論,瞭解問題與情境,以確保 標案執行順利。在教育訓練方面,指派種子 人員參加外部基礎訓練,提升其 AI 和大數 據管理技能。參與訓練的人員需要具備基本 知識,了解科室的目標和運用需求,以確保 訓練效果和實際應用的落地,同時於會議分 享心得和經驗,促進內部知識交流和能力提 升。

## 四、結論與建議

在探討 AI 技術在自來水事業中的應用 實例後,我們發現 AI 技術具有提升供水系 統效率和服務品質的巨大潛力。成功導入 AI 技術需要三方面的準備: AI 基本功、AI 推動方式和 AI 使用資源。這些措施將為自 來水事業的智慧化轉型奠定基礎。相關建議 如下:

- 1.制定生成式 AI 指引與管理準則:針對 ChatGPT 生成式 AI 的普及化, 儘速制定相 關使用指引與管理準則。
- 2.推動 AI 技術運用: 支持並指派有意願及潛 力的同仁參加自來水大數據及 AI 技術運 用小組。選派適合同仁參加 AI 外部技術訓 練課程。並安排參訪國內 AI 運用績優單位 (如中油),進行標竿學習。
- 3.資料整合與利用:自來水事業內部各單位 資料需進行整合運用,提高應用層次,例 如經由監控 SCADA 數據結合 GISD 地理資 訊系統水理校理資料、讓維運數據(OT)與 資訊 (IT) 數據流能達成無障礙接軌 (Accessibility) 運用,方能建立北水處即時 水理運算模型。並委外辦理自來水各單位

資料庫盤點標案,檢視自來水相關數據內 容及既有的運用方式,並擬定短、中長期 大數據及 AI 推動策略。

- 4.AI 導入的基本功與推動方式:確保高層領 導的堅定支持,制定明確的 AI 發展戰略和 目標。加強員工的 AI 素養教育和專業技能 培訓,提升應用能力和積極性。建立集中 化的數據管理平台,確保數據的完整性和 一致性,推動數據共享與協同工作。
- 5.技術選擇與安全保護:選擇適合的 AI 工具 和技術方案,確保 AI 項目的成功實施。加 強資安意識和數據保護機制,保障數據和 系統的安全。
- 6.未來研究方向與展望:應著重於 AI 技術在 自來水事業中更廣泛和深入的應用,例如 數位孿生技術在供水系統全生命周期管理 中的應用,以及生成式 AI 在自動化營運和 智能客服系統中的應用。此外,應加強對 AI 技術在數據隱私保護和資安方面的研 究,確保 AI 應用安全性和合規性。通過持 續的技術創新和實踐探索,自來水事業將 迎來更加智慧化和高效率的未來。

## 參考文獻

- 1.蔡明順,「AI創新日:AI人才的公轉與自轉」, Tech Orange雜誌, 2023。
- 2.戴季全,「AI創新日:人工智慧的發展與應用 」, Tech Orange雜誌, 2023。
- 2. 陳仲儒,「AI如何和雲端整合應用。實現數位 敏捷力」 DATE SUMMIT研討會, 2023。
- 3.IThome,「AI應用及資安管理的未來重點,」 IThome調查報告,2023。
- 4.臺北自來水事業處,「自來水事業在AI大數據

後續推動作業建議」,2023。

#### 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

#### 張瑛興先生

現職:臺北自來水事業處二級工程師

專長:自來水工程、GIS 地理資訊系統、人工智慧管

理運用



# 建置現代化倉儲管理之探討 -以自來水公司第三區管理處為例

## 文/何昆保、林瑞卿

## 摘要

台灣自來水公司材料單位負責供給公 司營運所需之必要材料,目前有 13 個區管 理處之轄屬倉庫,主要負責供給轄區內工程 用料、倉儲管理、收發及調撥等作業,配合 既有之「材料管理資訊系統」,執行庫存管 理,強化材料管理機制及效率。惟自來水公 司於民國 63 年建置已來各區處倉庫均已破 舊,有其改善及更新之必要,以因應未來倉 儲智慧化及資訊化之基礎。

台灣自來水公司第三區管理處(以下簡 稱三區處)物料倉庫自落成以來已經過四十 餘載,其倉儲區地面、物料架皆已陳舊並有 破損情形,且料架規格不一更影響物料分類 困難,另外由於物料架之間空間不足,只能 依賴人力搬運材料擺放於料架入庫,有著耗 時、效率低及員工身體勞力負荷的問題。為 改善上述問題,依據台灣自來水公司之「現 代化倉儲管理規劃及改善研究委託專業服 務計畫」建議,採用現代化倉儲管理計劃改 善, 達到成本最小化、作業合理化、流程視 覺化、搬運省工化及資訊即時化目標,為建 置智慧化倉儲奠定良好的基礎,提升目前倉 儲管理效率。

## 一、計畫概述及目的

對倉儲管理而言,需求單位有其用料的 急拍性, 倉儲後勤單位也有供給的時效性,

在 100%的供應水準要求下,必須配合幾乎 滿載的庫存以及隨時待命交貨的要求,所有 倉儲供應及需求幾乎無彈性空間,面對管理 績效提升的要求下,建立有效及合理的倉儲 管理機制、作業流程、空間布置、物料定位 及庫存數量控管,提供採購作業即時參考資 訊,是物流管理現代化必須規劃重要課題。 是故三區處建置倉庫其架構如下:

(一)以流程圖概念,架構現行倉庫之入庫、 揀貨、盤點及出貨等作業流程,並以此 為參考基礎,建立合理之倉儲作業配 置。如標準作業流程(SOP)書面化,以 流程圖模式呈現,包括進貨流程、揀貨 流程、領料流程、盤點流程、調撥流程 等。(如圖 1)

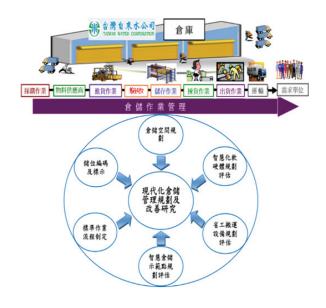


圖 1 現代化倉儲管理規劃 (圖取現代化倉儲管 理規劃及改善研究委託專業服務計畫)

- (二)尋求衡量倉儲空間績效的指標,以提升 倉儲作業流程上之時間及效率。如儲位 編碼是指在分區、分類和規劃好儲位的 基礎上,將倉庫的庫房、貨場以及材料 架等存放材料的場所,劃分為若干儲 位,然後按儲存地點和位置排列,採用 統一標記,編列儲位的順序號碼,並做 出明顯標誌,以方便倉庫作業的順利進 行。
- (三)省工搬運設備規劃評估,以倉庫控間、 動線、流程作適合搬運器械的選擇,包 括適用系統及整體效益評估。

## 二、現代化倉儲架構設計規劃

## (一)建置首先重點放於倉庫物料架改善:

包含汰換陳舊物料架、引進電動移動式 重型物料架,改善倉儲進貨方式與動線,因 移動式物料架須架設軌道,為有效改善破損 地面、可兼顧埋設軌道之作業,故需強化地 面結構足以應付重型物料架載物後之載 重,倉庫區地面須向下打除,安置點焊鋼絲 網、以高抗壓強度混凝十重新澆灌回填,表 而再做**余**錮沙粉光處理。

## (二)改善倉庫料架走道空間不足之問題:

採用電動移動式貨架,傳統的物料架需 要人力推動,此種方式在效率和成本方面都 存在一定的限制。然電動移動式物料架是一 種集合了電動技術的創新產品,能夠自主移 動並定位,從而實現自動化的物料運輸。相 較傳統物料架,這種新型物料架具有更高的 運輸效率和更低的人力成本及人因職業傷 害。

根據倉庫的需求自主規劃最佳路線,並

在運輸過程中避免碰撞和意外產生。這種智 能化的設計不僅提高了工作效率,還大大降 低了人為操作帶來的錯誤風險。其應用範圍 目前非常廣泛,並且適用於各種不同類型和 尺寸的物料,這種靈活性也是現代物流行業 的理想選擇。

不僅如此,電動移動式物料架還可以與 其他智能設備和系統進行無縫集成,實現更 高級別的自動化和智能化。好處為在空間規 劃時只須預留一條存取通道,不僅可增加配 置容量,更讓有效空間利用率大為提升。設 計以移動櫃為主體,加上驅動控制系統及馬 達按壓啟動開關,快速左、右移動。操作安 全、簡單。層板高度可依需求調整。多重安 全設計,確保操作人員之安全。其主要優點 是可以提高空間利用率,每組貨架只需一條 通道,固定型托盤貨架的一條通道,服務於 通道內兩側的兩排貨架,所以相同的空間 内,移動式貨架的儲存能力、效率、安全性 比普通的固定式貨架相對高很多。

## (三)建置倉庫設計規劃考量之因素如下:

## 1.負載能力:

根據三區處倉庫入庫物料的重量和尺 寸,確定所需負載能力,來選擇能夠承載足 夠負載的電動移動式物料架。另主要供電源 的配置,經查以380伏特供電較為省電。且 需避免電力供應與系統故障可能影響倉儲 運作。

#### 2.移動速度和精度:

考慮三區處倉庫的實際布局,確定所需 的移動速度和精度。一些電動移動式物料架 具有更高的速度和更準確的定位能力,適合 需要快速運輸和精確定位的場所。



#### 3.安全功能:

確保電動移動式物料架具有必要的安 全功能,如碰撞檢測、人員警示等,以確保 工作場所的安全。

#### 4.可擴展性和集成性:

考慮電動移動式物料架可擴展性和集 成性,確保能夠與其他智能設備和系統無縫 集成,實現更高級別的自動化和智能化。 5.成本效益:

考慮電動移動式物料架的價格和性能 之間的平衡,確保能夠提供良好的性能和成 本效益。

## (四)施作範圍、期程及經費:

#### 1.施作範圍:

現有物料課倉庫為一層樓斜屋頂建築 物,長寬約 33x20m,面積約 670m<sup>2</sup>,扣除辦 公室區,倉儲作業區(圖2藍色部份)約553m² 為本次主要改善範圍)

#### 2.期程及經費:

- (1)111年6月13日開始自行辦理設計規劃、 詢價。
- (2)111 年 10 月與總處材料處確認預算經費 1200 萬(未稅)。
- (3)112 年 3 月 1 日完成設計並辦理發包作 業,預算金額 11.434.343 元(未稅), 12,006,060 元(含稅)。
- (4)112年4月12日決標,由科冠國際股份有 限公司, 決標價為 10,255,238 元(未稅), 10,768,000 元(含稅)
- (5)112年4月20日開工,8月28日竣工,9 月5日驗收。

## 三、計劃執行情形

(一)第一階段因倉庫裡存放著大量各式材 料,首要任務必須先將舊有物料架拆 除, 並仔細整出貨架上放置材料, 分門 別類並安置至暫時儲放區。由於數量龐 大,一部份材料勢必會面臨放置在露天 料場的情形,此時需先篩選出較耐日

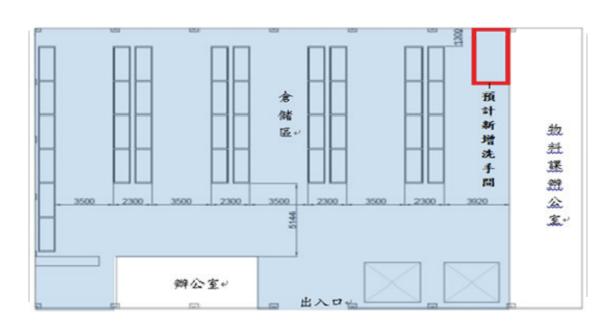


圖2 倉庫改建平面圖

曬、雨淋的材料,並披覆上帆布,大部 份的材料則與其他單位協調,移至有遮 蔽的地方暫放。(如圖3,圖4)



改善前舊倉庫物料堆置情形



圖 4 材料暫放於水車車棚安置

(二)第二階段要重整倉儲區地面,此階段要 先打除原先水泥地面,因新設電動移動 式重型物料架放置區需要埋設軌道且須 強化載重,故此區要比其他地方多向下 打除約15公分,以強化支撐能力。打除 後則銲接鋼線網,且務必正確妥善安置 並固定之,使在澆置混凝土時無位移情 事,混凝土灌置以抗壓強度 280kg/cm²(4000PSI)水泥澆灌,回填至原 先地面齊平,經鏟勻、振動、刮平、夯 實後,以整體粉光機拍漿。目的在於使

得粗粒徑之骨材不致突出於表層,以利 整平和粉光。施工完成後,為防止水份 蒸發過速, 澆置 48 小時後才可開放人員 行走,另待至七天後才可行駛堆高機, 目七天養護期需時常澆水冷卻,防止水 泥在凝固過程中發熱膨脹而產生裂痕。 (如圖 5)



圖 5 水泥澆灌後保濕冷卻作業

(三)第三階段需要安裝埋設物料架內嵌式軌 道,供電動移動式物料架使用,現階段 須注意軌道的放置是否筆直、正確、否 則會影響後續物料架移動時的定位準確 程度。安裝完成後將週邊水泥鋪平至與 地面齊平,需特別注意水泥澆灌時不可 落進內嵌式軌道內。(如圖 6)



圖 6 物料架內嵌式軌道安裝



(四)第四階段待地板與內嵌式軌道施作完成 後,將電動移動式物料架零件運進倉庫 組裝,貨架組裝時可先告知承攬商材料 高度以訂定出各料架分類放置的材料種 類。完成後須仔細檢查物料架移動時, 是否會偏移或作動不順暢,安全防碰撞 裝置能否正常運作,由於安全裝置攸關 倉儲使用同仁作業的安全,故此步驟必 須謹慎。(如圖7)



圖 7 電動移動式物料架組裝

(五)最後階段檢查整體配電、操作面板、定 位位置,辦理各項驗收前之試運轉,務 必力求完備,如確認電動移動式物料架 動作之正確、定位點準確性、料架尺寸 是否合用、安全裝置可否正常啟動,經 確認無疑後始辦理驗收程序,並做好相 關人員使用方法教育訓練。(如圖 8)

# 四、結論與建議

- (一)電動移動式物料架完工後,大大改善了 倉庫需要人工搬運材料入庫的問題,且 物料架之間可以移動出足夠大的空間供 堆高機開入做上下貨作業,減少了人工 危害因子的傷害。
- (二)三區處建置現代化倉儲設備,設計簡單 實用,所須經費也非常精簡。雖土木泥 作連帶經費會提高,但規範設計完善, 例如金鋼砂粉光地面顏色規定、灑佈數 量等,以及相關系統配電問題,預設儲 位編號都尋求專業設計參考。



圖 8 施工完成的電動物料架

(三)改善後的空間明亮舒坦,其空間(約騰出 總面積 32%)足夠供同仁於下班後可做為 運動休閒空間(如架網打羽毛球運動)。 (如圖 9)

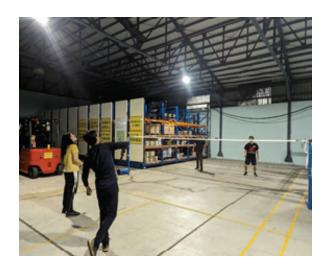


圖9 改善後可挪出空間供同仁下班後休閒運動

建議本次三區處現代化倉庫建置囿於 經費,無法一次到位,故先以倉庫硬體改善 為主。

#### (一)節能減碳逐年購置電動堆高機

目前各區處皆使用柴油式堆高機於室 內空間會造成空氣汙染導致作業人員健康 疑慮。購置桅桿前移型電動堆高機,其迴轉 半徑較小,除可讓空間規劃達到最適利用 率,目電動堆高機較無噪音節能減碳,也能 保障作業人員及附近居民的生活品質

#### (二)企待建置儲位編號提高倉儲功能

為配合材料管理資訊系統改版作業(目 前由總處資訊處建置中),在建置儲位編碼前 事先須完成下列作業:

- 1.確定儲位資料之正確性。
- 2.提供電腦相對之紀錄位置以供識別。
- 3.提供進出貨、揀貨、補貨等人員存取貨品 之位置依據,方便貨品進出上架及查詢,

- 節省重複找尋貨品的時間且能提高工作效 率。亦可提高調倉、移倉之工作效率。
- 4.可以利用電腦處理分析。資料之分析及紀 錄正確,可訊速依序儲存或揀貨,一目了 然減少弊端。
- 5.可讓倉儲及採購管理人員瞭解掌握儲存空 間,除方便盤點外。亦可控制貨品存量。

#### (三)引進智慧化軟硬體規劃

未來智慧化軟硬體包含五個重點:進貨 收料、入庫上架、儲存、揀貨、出貨,要精 準且無誤地管理這五個環節的物料,都需要 精準地識別商品位置及數量,所以許多便利 用條碼掃描器、無線區域網路等自動化辨識 與資料擷取技術,以有效將貨物狀態上傳到 倉儲管理系統的資料庫內, 並將所有貨物的 資料都納入電腦化的管理。避免各種的人為 操作過程所可能引發的錯誤和低效率等情 形。並以資訊分享的網絡,以達到倉儲資料 數據的即時化與精準化。

而透過入庫作業、出庫作業、存貨作業 和調撥作業等物流機能,執行完善的企業倉 儲資訊管理,若再與其他系統的單據等結合 使用,可提供更加完整的作業流程。

綜上所述,自來水公司未來提升智慧倉 儲奠定基礎,將現今人工記錄作業方式,慢 慢導入先進系統,使倉庫人員作業方便且快 速,即時記錄傳輸作業內容,促使材料在供 應上穩定且品質良好。惟有將後勤材料的管 理做好,才能使公司作業越是順暢且快速。 而隨著科技技術之高速發展及智慧倉儲的 普及,台灣自來水公司可作為現代化倉儲的 典範,也將帶領所有國營事業一同進入智慧 化時代。



# 參考文獻

1.現代化倉儲管理規劃及改善研究委託專業服 務計畫(2021),劉彩霈博士、張宏吉博士、陳 彦匡博士。

#### 作者簡介

#### 何昆保先生

現職:台灣自來水公司材料處組長 專長:公共行政、倉庫儲運管理

#### 林瑞卿先生

現職:台灣自來水公司材料處處長 專長:人事行政管理、材料管理

# 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。

# 小區智慧流量計於陽明山區供水之應用

# 文/呂紹禎、吳亮誾、林聖恩、張修明、黃嘉昌

# 摘要

北水處自民國 107 年起於小區進水點, 利用窨井按裝具無線傳輸功能之流量計(小 區智慧流量計 DSM, District Smart Metering),藉由自動讀表與無線傳訊方式將 量測到之即時流量與壓力資訊回傳,至 113 年已安裝近 500 只 DSM 流量計,安裝後已 開始對小區進行即時售水率追蹤、評估施工 成效、供水監控等應用。

山區自來水供應需考量地形高低差所 產牛之水壓力,水壓力過大管線容易損壞, 壓力不足時會導致用戶無水,而臺北市陽明 山區水資源有限,且供水生產成本較高,必 須做好適當供水調配與控管,本文介紹北水 處利用 DSM 流量計可即時回傳流量與壓力 功能,在陽明山區劃設適當小區後裝設,對 山區供水改善應用與安裝後之成果。

關鍵字:小區計量、流量計、山區供水調配

# 一、DSM流量計簡介

北水處於民國 107 年開始於小區進水點 安裝具自動讀表、無線回傳功能之流量計, 並統稱為 DSM(District Smart Metering)流量 計,口徑有 200mm 及 300mm 型式,藉由 4G LTE 網路傳訊顯示管線內自來水之瞬間流量 及累積流量值,並於窨井內同時在管線上安 裝壓力計,一併回傳管網水壓。

為使經由 DSM 流量計回傳之即時流 量、壓力資料可藉由數據處理得到有效的應

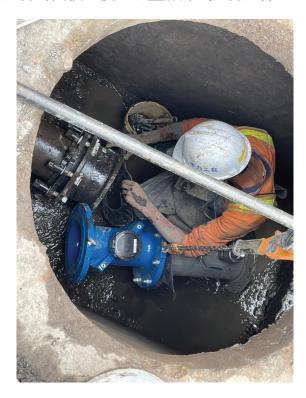
用, 北水處诱過水網監測平台與水資源網站 平台將回傳資料呈現分析,將 DSM 每分鐘 的感測數據包含時間、流量計編號、壓力、 瞬時流量、累積流量、4G 信號強度及電池電 量等資訊,以每分鐘紀錄1筆、10分鐘回傳 1次的方式,透過 4G LTE 傳送至中繼伺服器 後寫入紀錄檔案,再以 HTTP 協定拋轉至後 端平台進行解析作業,包含感測資料重複、 遺漏、補償及連線異常等處理,若傳輸異常 或斷線後,發送端能備存資料於1週內,當 網路連線正常能自動連線機制,以確保裝置 端和平台端傳輸的所有資料不會遺失。

DSM 流量計採 4G 無線訊號回傳方式, 對於窨井位置內、外 4G 訊號是否能順利通 訊,為資料能否即時回傳之重要關鍵,由於 山區部分地段會有收訊死角,安裝前選擇有 良好收訊位置,再行施工埋設窨井更是重 要。窨井安裝各項設備須考量窨井內積水影 響設備使用,所以相關偵測管、傳訊器、電 池、傳輸線與接頭等設備,必須具有 IP68 之防水保護等級。

在自來水管網裝設流量計為避免壓力 損失須採無構件結構,北水處目前 DSM 流 量計有電磁式及超音波式 2 種型式,都可以 紀錄正、反流向,在相鄰的小區經過管網調 配,可以安裝單一流量計作為2區間共同之 進水點,如此可在不同時間內完成2區計量 作業,以節省流量計採購經費,若因一個進 水點無法滿足用戶用水量,或會影響其他小



區供水時,可視實際狀況再開啟另一個進水 點或出水點,以開放式方式進行計量作業, 實際售水率的計算就必須透過2只流量計先 進行時間校正後,以疊加方式進行運算。



陽明山區行義路安裝 DSM 流量計情形

# 二、竹子湖地區應用與成果

陽明山區鹿角坑原水源自七星山系、大 屯山系山脈所形成的楓林瀑布水域,集水面 積 3.22 平方公里, 位於陽明山國家公園生態 保護區內,是未曾開發的山脈地帶,且無人 為的污染,因此水質清澈。北水處於民國74 年開發興建完成,共設置3座加壓站,在第 3 座加壓站於民國 90 年建立 4 座 2,500 噸快 濾桶,經過濾、消毒處理後,加壓抽送清水 至小觀音配水池及夢幻湖配水池,沿竹子湖 路(陽金公路)及菁山路 2 線配水管線,途經 11 處持減壓閥,輸送供應北投高地區及陽明 山一帶用戶, 鹿角坑設備出水能量為 10,000 噸,歷年來每日出水量約1,500~4,000噸,位 處北水處供水範圍內高度最高且最北地 段,以3段遠端加壓方式供水,供水方式較 為耗能,可說是北水處目前最之供水生產成 本最高之清水。



圖 2 陽明山地區水源與供水流向示意

如圖 2, 鹿角坑水源係分為 2 線供水, 1 線經夢幻湖配水池向士林方向供水,第2線 自小觀音及吳寓配水池經小油坑橋往北投 方向供水,沿竹子湖路供應竹子湖地區用 水,至陽明山國家公園第2停車場出入口前 道路有電動制水閥控制,竹子湖路沿線為 300mm 口徑配水管線,途中設有8只持減壓 閥,平常需確保各閥設定,以維持持減壓閥 功能,避免影響配水池蓄存及沿線用戶用 水,並關閉第2停車場前電動制水閥,將珍 貴高地水源保留於高地區使用。

竹子湖地區自吳寓配水池沿竹子湖路 埋設 300mmDIP 及 HDPE 至陽明山前山公園 第2停車場,合計管線長度超過3,000公尺, 另為配合當地農業觀光發展,計畫於 112 年

底前,再將自來水管線延伸至北投區湖田里 頂湖地區,由小油坑停車場作為管線分支後 再向下延伸,延伸管線長約3.500公尺及用 戶 64 戶。為確保鹿角坑珍貴水資源及能有 效規劃頂湖地區之供水量調配,及確保延管 施工前、後是否有漏水情形,搭配使用 DSM 流量計, 北水處於 111 年 6 月劃設竹子湖小 區(編號 Y22901)以掌握本區域之供水與漏水 情形,劃設範圍如圖3。

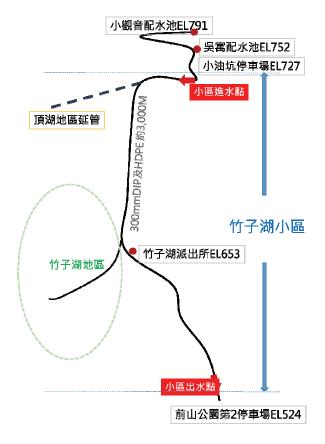


圖 3 Y22901 竹子湖小區範圍圖

Y22901 小區規劃進水點為小油坑停車 場內之持減壓閥前,由於管線持續向陽明山 前山公園第2停車場配水池供水,為能有效 計量,規劃出水點為陽明山前山公園第2停 車場前竹子湖路上,因進水點位於陽明山國 家公園管理處風景區範圍內,經多次協調該 管理處,終獲同意於111年8月在小油坑風 景區內設置窨井以安裝 DSM 流量計開始計 量。經安裝此2只 DSM 流量計後,由北水 處陽明營業分處與陽明淨水場於區域內,共 同利用制水閥與 DSM 流量計進行區域範圍 調整及即時觀測之反覆測試,藉由圖 4 為 DSM 回傳的資料,說明改善前、後供水情 形,在改善前可看出進水點流量明顯上下震 盪,顯示進水點後持減壓閥有明顯的水垂情 形,需要予以調整改善,而出水點之流量達 2.700CMD,顯示鹿角坑所生產的清水大多挹 注至文化大學一帶,經巡檢後發現原因係第 2 停車場前之電動制水閥,為使山區自來水 不會因為滯留影響水質,長期將此制水閥開 啟轉數半圈,導致制水閥門孔蝕,損壞導致 無法正常關閉,經更新此制水閥後並調整進 水點持減壓閥設定,再將鹿角坑、陽一與竹 子湖等水源供水區域分配調整,鹿角坑部分 供水區塊得由陽一竹子湖水源供應,經 111 年9月底完成調配後,可藉由圖4取111年 10月7日流量比較前、後差異,已有效降低 鹿角坑加壓站每日供水量,當山區豐水期 間,文化大學供水區改由重力供水陽一與竹 子湖供應。

經統計本案完成之效益如下:鹿角坑加 壓站在本案改善前每月平均出水量如圖 5 為 3,158CMD, 經改善後至 112 年 11 月每月平 均出水量已降為 1,600CMD, 節省較耗能鹿 角坑出水量約 1.558CMD,大幅增加陽明山 區自來水調配備援量。





Y22901 小區流量趨勢比較圖



**鹿角坑加壓站每月平均日出水量** 

#### 圖 5 鹿角坑加壓站改善出水量比較統計圖

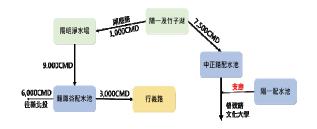
因鹿角坑加壓站係3段加壓遠程送水, 加壓站電費每月級距不同及112年7月電價 調漲,若統一以每度電約4元計算,以112 年1至10月相較於去年同期,如表1節省約 637,060 度,節省電費約 254 萬元,估計 1 年 可節省達 288 萬元電費。

表 1 鹿角坑加壓站改善電量比較統計圖

時間	用電度數	差異	
111年1-10月	2,040,100	下降	
112年1-10月	1,403,040	637,060	

# 三、行義路一帶應用與成果

北水處於民國 40 年在陽明山區大坑溪築堰 取水,並於後續年間在陽投公路頂北投鼎筆 橋邊設沉澱池及快濾池等設備淨水後出 水, 現址為陽明淨水場, 目前出水量約 9,000-12,000CMD。如圖 6,陽明淨水場將清 水沿泉源路以 300mmMJP 及 PVC 管重力供 水,沿泉源路於惇敘工商附近連絡為 400mmDIP 管後, 進入容量 1,000 噸之龍鳳谷 配水池。龍鳳谷配水池再以2線方式供水, 1 線供應新北投高地區供水量約 6,000CMD, 另 1 線則供應北投區行義路 34 號以上區域,其供水量約為3,000CMD。



行義路一帶地區供水來源

行義路全線自行義路與泉源路口至行 義路 34 號在民國 94 年時,為評估管線漏水 狀況由陽明營業分處劃設為行義路小區(編 號 Y04902),由於行義路本身係採 2 支 200mmDIP 管線以重力方式向下供水,當時 上山車道側裝設1只豎軸葉輪型電子表,另 下山車道側裝設 1 只電磁式流量計進行計 量,計量結果售水率為92%,其小區進水量 約 2,000-2,200CMD。後於民國 104 年間,因 行義路 Y04902 小區範圍過大不易維護管 理,將其區域範圍調整為2個小區,以行義 路 206 巷為界, 北邊劃為 Y14001 小區、南 邊劃為 Y14002 小區,由於當時並未於 Y14002 小區進水點裝設流量計進行計量,仍 採原 Y04902 之窨井流量計進行計量,計量 結果售水率為 70.59%、小區進水量約為 3,000CMD 並將 Y14001、Y14002 小區統一定 義售水率為 70.59%。

北投行義路溫泉是臺北市重要的休閒 據點,在市府輔導下,此溫泉區業者已於111 年完成溫泉產業特定區都市計畫主要計畫 審議,112 年度起相關溫泉飯店、湯屋陸續 建造並搭配市府投入水圳樣貌復舊、磺溪河 岸綠美化等公共設施營造吸引旅客,無論自 來水或溫泉使用需求相應提升。為「行義路 溫泉區」完成後能有足夠山區水量供給調 配,並為行義路管線漏水評估與供水長期監 控使用,將能即時量測管線壓力與流量之 DSM 流量計共 4 只, 112 年 3 月起分別安裝 2 只於 Y14001 小區、2 只於 Y14002 小區進 水點,如圖7。

由於行義路起點高程為 202 公尺,終點 高程為43公尺,前後高差達159公尺,以2 線 200mmDIP 管線供水,沿路以左、右各設 置 4 只共 8 只持減壓閥,為求作業人員安 全,一般設定持減壓閥時須至少2組人力, 1 組人員負責操作持減壓閥,1 組人員量測 上游或下游之消防栓,以確認調整之水壓是 否符合預期。 月因持減壓閥故障時,會造成 管線蓄積超額壓力或使用戶無水,若需至現 場逐顆開啟人孔蓋檢視持減壓閥設定,費時 耗力,行義路安裝 DSM 流量計後,利用即 時回傳壓力資料,如圖8,現僅需1組操作 人員,可立即判斷解決前述問題,提升作業 人員效率並可即時監控掌握地區供水狀況。

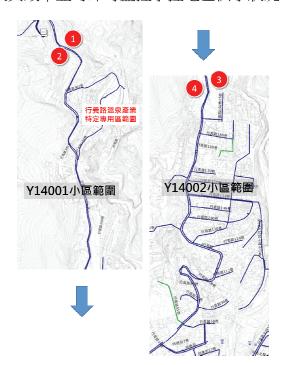


圖 7 行義路上、下小區 DSM 流量計位置

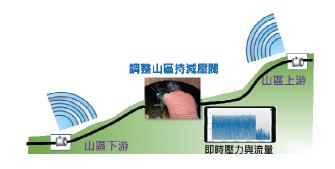


圖 8 利用 DSM 即時資訊調整持減壓閥設定



為提升 Y14002 小區售水率,陽明營業 分處於 112 年起進場汰換管線,由於汰換前 已先行於 Y14002 小區進水點裝設 DSM 流量 計,目 Y14002 為單一進水點小區,可利用 DSM 所量測每日累積流量,追蹤評核施工改 善成效。本次汰換自 112 年 3 月起, 汰換行 義路幹線道下山側配水管線,至6月後進入 各巷道汰換管線至112年12月全部完成,管 線汰換位置如圖 9,合計共汰換約 5,600 公尺 配水管為 DIP 材質,1,500 公尺給水管為 SSP 材質,施工過程藉由圖 7 編號 3、4DSM 流 量計回傳每日累積流量,茲將回傳值整理數 據如圖 10。



Y14002 小區管線汰換位置圖

改善初期每日 Y14002 小區進水量約 2,200CMD,依照此小區內所有用戶平常抄總 和推估,每日用水量約在1,705-1,795CMD, 茲採平均值 1,750CMD 作為此小區用戶用量 代表值,以 DSM 每日進水量為分母, 1.750CMD 為分子可推算每日售水率,施工 前所量測值售水率約為82%,以此類推,可 獲得每日推估售水率如圖 10 之淺綠色線, 然因每日施工內容不同,施工後為清洗管線 會進行排水動作,會導致售水率下降,且當 地住戶每日用水量也絕非固定值 1,750CMD,若單以每日進水量值推算不易分 析改善情形,故將每日推估售水率建立趨勢 線形式呈現,如圖 10 之紅色虛線,隨著每 日管線汰換過程,依售水率趨勢線可看出售 水率自112年3月的82%成長至10月時已相 當接折目標 90%, 而在 112 年 11 月 24 日, 由 DSM 流量計所回傳當日流量暴增至 3,300CMD, 隨即使得售水率下降至 52%, 經 發現此情形後,研判可能是有大量漏水發

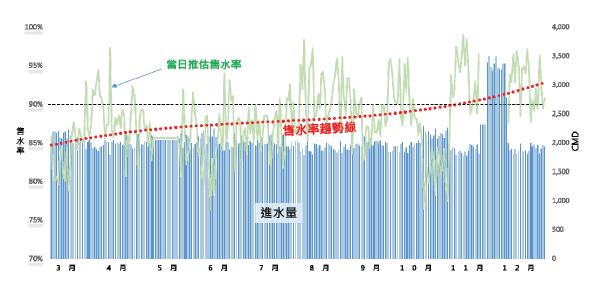


圖 10 Y14002 小區改善與售水率趨勢圖

生,遂於本區域未汰換管線位置找尋是否有 漏水情形,後於行義路 58 巷口附近以聽音 檢測方式找到一只 40mmPVCP 管線破損漏 水,經維修後使 Y14002 小區售水率達目標 90%以上,顯示此管線本身在11月24日前 即存在小量漏水而影響區域售水情形,經整 體管線改善後,Y14002 進水量已由 112 年 3 月的 2,200CMD 降至 113 年 3 月的 1,866CMD,改善量為 334CMD。

近年來行義路因沒有設置流量計計 量,其進水量均以民國 104 年所量得的 3,000CMD 作為代表,故行義路 Y14001 與 Y14002 共 2 個小區並未獨立進行計量,自 112 年 3 月依照圖 7 安裝位置 3、4 的 DSM 流量計,7月安裝位置1、2後的 DSM 流量 計後,才得以測得2個小區的真實進水量, 以 112 年 7 月為例,2 個小區每日平均進水 量如表 2,112 年 7 月行義路平均進水量為 2,910CMD °

表 2 行義路 112 年 7 月小區進水量

小區代號	平均進水量	合計
Y14001	924CMD	2,910
Y14002	1,986CMD	CMD

由於已可獨立量測 Y14001 的小區進水 量 924CMD,依照此小區內所有用戶平常抄 總和推估,每日用水量約 150CMD,顯示其 漏水量約為 775CMD,由於 Y14001 小區管線 多位於行義路溫泉區,可能因硫磺地質腐蝕 管線導致管線破損漏水,經陽明營業分處同 仁在溫泉區域範圍內進行各項漏水測試,於 113年1月測得行義路402巷底磺溪邊有漏 水情形,經開挖後檢視,漏水原因係管末端 鑄鐵材質悶頭,遭磺溪硫磺水質侵蝕導致破 損漏水,如圖 11,漏出之自來水直接沿岸坡 流入磺溪。



行義路 402 巷底漏水點及漏水管線

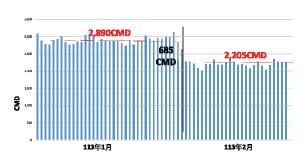


圖 12 行義路 402 巷漏水改善後進水量

113 年 2 月改善後比較行義路總進水量 由 113 年 1 月的 2,890CMD 降為 2,205CMD, 代表此漏水點漏水量為 685CMD。如表 3, 將 DSM 流量計 112 年 3 月在 Y14002 小區改 善前所量得的進水量為 2,200CMD 與 112 年 7 月起 Y14001 小區所量得的進水量 924CMD,合計視為行義路改善前的進水量 3,124CMD, 經裝設 DSM 流量計並進行有效 改善後,行義路進水量已降為 2,205CMD, 合計共改善 919CMD 漏水量,幾乎占了目前 陽明淨水場送水至龍鳳谷配水池 9,000CMD 的 10%,成功增加陽明淨水場供水區域自來 水調配備援量。



表 3 行義路漏水改善成果

小區代號	改善前水量	改善後水量	
Y14001	924CMD	339CMD	
Y14002	2,200CMD	1,866CMD	
合計	3,124CMD	2,205CMD	
改善	919CMD		

### 四、以DSM監控陽明山區供水規劃

依照本文分別介紹陽明山竹子湖地區 與行義路地區,在 DSM 流量計裝設後對於 供水監控與改善都有相當大的助益,北水處 曾於民國 96 年間將偌大的陽明山合併計量 成為單一個小區(編號 Y06902),由於當時流 量計之資料回傳仍需仰賴有線傳輸,使得流 量計安裝成本昂貴,當時利用 11 只流量計 與水表量測各次小區進水量,依照用戶水表 平常抄的計量作為售水量,再合併計算售水 率為71.17%,如表4。

表 4 Y06902 小區範圍與售水情形(96 年)

次小區 範圍	用戶數	用戶數 售水量 進水量 CMD CMD		售水率 %	
東昇路	251	262	325	80.62%	
中正路 配水池	3,737	5,845	8,482	68.91%	
菁山苗圃	920	1,202	1,500	80.13%	
中山樓	140	144	165	87.27%	
合計	5,048	7453	10,472	71.17%	

現在只要在收的到手機訊號的地方,利 用窨井按裝具無線傳輸功能之 DSM 流量 計,藉由自動讀表與無線傳訊方式將量測到 之即時流量與壓力資訊回傳,可對小區內的 自來水管線再進行更細緻的調配水與檢測 漏水, 北水處已於 111 年起針對 Y06902 陽 明山小區,選擇適當的範圍與水源,再切分 為士林區的山豬湖小區(Y23902)、文化大學 小區(Y23901)與北投區的竹子湖小區

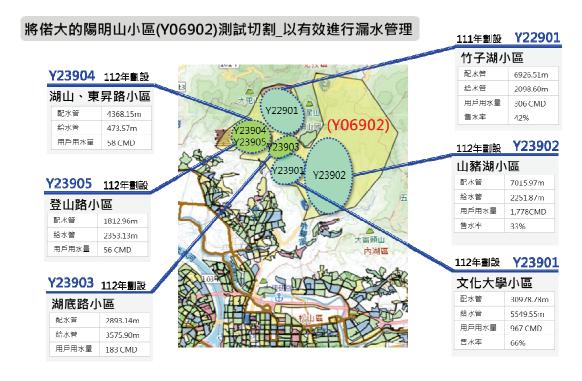


圖 13 將陽明山小區切割進行有效計量

(Y22901)、湖底路小區(Y23903)、登山路小區 (Y23905)、湖山東昇路小區(Y23904),如圖 13,目前已完成 Y22901、Y23901 與 Y23902 的 DSM 流量計裝設及初評計量,並計畫於 113 年全部完成裝設,屆時對珍貴的陽明山 區水源,將可得到更有效的配水管理,在持 減壓閥調控上可節省操作人力,在加壓動力 供水上可節省可觀的電費,並使山區供水能 予以監測與控漏,期能逐步將陽明山區整體 售水率推升至改善標準90%以上。

# 參考文獻

- 1.F. Arregui · Enrique Cabrera Jr · R. Cobacho · Integrated Water Meter Management, IWA, 2007
- 2. Julian Thornton, Water Loss Control Manual, 2008
- 3. Successful NRW Reduction Experience in China -Iwa-waterloss.org , 2015 °
- 4.臺北自來水事業處,陽明淨水場簡介,2017。
- 5. 黄嘉昌、張世勳,中華民國自來水協會第37屆 自來水研究論文,從臺北智慧小區發展談流量 計優化與管理,2020年。
- 6.王銘榑、黄裕泰、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

#### 吳亮誾先生

現職:臺北自來水事業處陽明分處四級工程師

專長:管網改善、小區計量、溫泉取供

#### 林聖恩先生

現職:臺北自來水事業處陽明分處四級工程師

專長:管線配合工程、管網改善

#### 張修明先生

現職:臺北自來水事業處陽明分處四級工程師

專長:管線維修工程、漏水改善

### 黄嘉昌先生

現職:臺北自來水事業處陽明分處二級工程師

專長:小區計量、管網改善



# 山上淨水場供水改善效益評估

# 文/謝張浩、洪志雄、莊承翰、蘇柏源、葉文正、李明輝

# 摘要

以目前極端氣候旱澇兩極及經濟產業 用水量逐年提高之影響下,原台南地區受限 於須透過既有南化水庫、曾文水庫及烏山頭 水庫之聯合供水調配模式,經本計畫完成 後,將可獨立诱過山上淨水場更新改善工 程,將玉峰堰水源經處理達飲用水水質標 準, 毋須再由潭頂淨水場作二次處理, 所餘 之備載能力後續將可提升大台南地區出水 能力。其中,藉由汛期擷取玉峰堰川流水源 利用,可節省水庫用水,達到蓄豐濟枯之效 益。另其經濟效益可達益本比 2.62,除大幅 節省電力費,具經濟可行性,並大幅減少原 水購水費等支出。

關鍵字:玉峰堰、益本比、電力費、原水購水費

# 一、前言

台南地區現況(113年)供水約每日 98 萬 噸(水利署南水局供水情勢資料),由曾文-烏 山頭水庫、南化水庫、玉峰堰及白河水庫、 鏡面等供設施應。其中,玉峰堰位於曾文溪 與菜寮溪匯流口下游處,年平均流量約6億 立方公尺,全年約93%流量集中在豐水期, 目前玉峰堰(圖 1)由台灣自來股份有限公司 管理,取水後送至鄰近之山上淨水場處理, 因該淨水場設備老舊處理能力有限,初步處 理再經送潭頂淨場二次處理後,供應台南地 區用水每日最大約5萬噸,詳平面位置分布 (圖 2)。

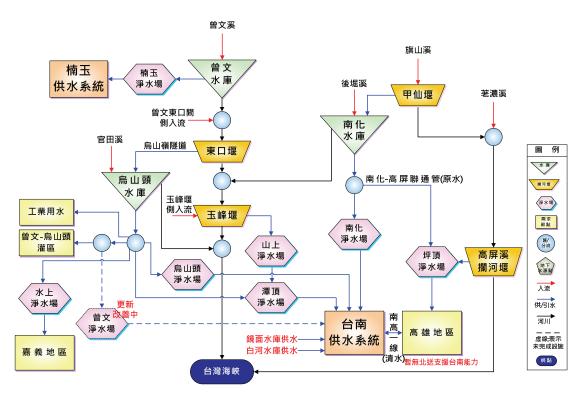


玉峰堰之橡皮壩現況照片(豐水期)





圖2 平面位置分布圖



※資料來源:民國106年,五峰堰水源運用檢討及工業用水專管細部規劃(可行性研究評估報告),水利署南水局

圖 3 台南供水系統現況示意圖[1]

另考量105年台南地區受0206高雄美濃 大地震影響,自來水設施送管線受損嚴重, 台南市轄內管徑 ∮ 300mm 以上管線約 26 處受損,停水用戶一度高達 40 萬戶,為穩 定區域供水及降低缺水所造成之經濟損

失,整體檢討南科、樹谷園區備援及台南供 水系統聯合備援供水機制後,遂進行規劃南 科與樹谷園區備援輸水專用管線,以提升兩 園區之備援供水能力,其備援輸水管線之主 要功能在於替代兩園區南側之潭頂專管或



北側之 \$ 1,350mm 輸水幹管,以及輸送潭頂 淨水場、山上淨水場清水至南科與樹谷園 區。此外,考量 98 年莫拉克風災導致高屏 溪流域上游大幅崩塌、南化與曾文水庫淤積 嚴重,有效蓄水量減少,又南部區域雨量豐 枯比達 9:1 為全臺灣之最,枯水季長,加 上近年極端氣候旱澇兩極及產業用水成長 等多重情境下,既有供設施調度系統對區域 内供水已捉襟見肘。相較臺灣其他地區,南 部區域整體供水更為艱困,故提升台南地區 供水穩定刻不容緩,目前台南地區供水系統 現況詳示意圖 3。

近年台南科學園區廠商進駐踴躍,已成 為全球高科技產業重鎮,其產值佔國內生毛 額總(GDP)比例逐年升高,預估 115 年產值 可達 1 兆 9.548 億元。目前每日用水量約達 28 萬噸以上, 估計至 115 年將成長至 32.5 萬 噸,用水時程表詳如表1所示;其中8.3萬 噸用水係由再生水供應,經檢討目前台南地 區及台南科學園區供水調度備援能力恐有 不足,為因應氣候變遷及穩定民生與產業用 水,亟須強化供水系統調度備援能力,爰依 「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審 要點」研提計畫加速推動。

# 二、計畫目標

有鑑於玉峰堰豐水期時有豐沛川流水

可資利用,為充分利用曾文水庫及南化水庫 下游集水區豐水期未利用之水源,以增加南 部地區可運用水量,也同步因應台南地區相 關產業園區成長用水需求,未來如可提高山 上淨水場處理後水質達飲用水標準,玉峰堰 水源則母須再經潭頂淨水場作二次處理,相 當於擴充潭頂淨水場處理之淨水處理備載 能力,並可提升曾文-烏山頭水庫水源調度之 利用彈性,提升台南地區供水調度備援功 能,穩定民生及產業供水。

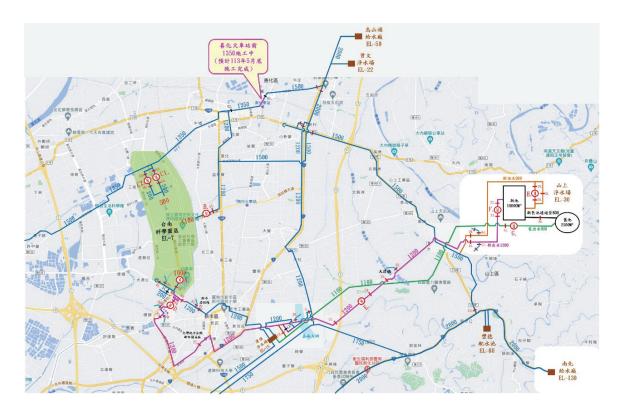
#### 本計畫分成二大部份:

1.山上淨水場分兩期工程,第一期將原舊有 淨水設備 4.5 萬 CMD 辦理改善,第二期再 擴充新設淨水設備5萬CMD一套。山上淨 水場設於曾文溪玉峰攔河堰旁,原設計出 水量為 4.5 萬 CMD, 其原水取自曾文溪, 目前供水方式係經初步處理後送至潭頂淨 水場作二次處理,再供送台南地區及南科 園區使用,既有淨水處理設備包含:取水 塔 1 座(取水量 4.5 萬 CMD)、水躍池 1 座、 膠羽沉澱池 2 座串聯而成、快濾池 8 池及 清水池 1 座(容量  $2,500 \text{ m}^3$ );另山上淨水場 至潭頂淨水場輸水管分別為 \$ 900mm 之 DIP (長約 680m)及 \$ 1,100mm 之 PSCP 輸水 管(長約 5,400m)如圖 3(綠線),第一期淨水 場平面配置詳圖 4。

	107年	108年	109年	110年	111年	112年	113年	114年	115年
生活用水	0.24	0.29	0.32	0.36	0.41	0.43	0.46	0.47	0.48
工業用水	15.76	19.21	21.18	24.24	27.59	28.87	30.64	31.13	32.02
合計	16.00	19.50	21.50	24.60	28.00	29.30	31.10	31.60	32.50

※資料來源:民國 106 年,「南科台南園區用水計畫書(第二次變更)」,科技部南部科學工業園區管理局





舊有山上淨水場至潭頂淨水場輸水管線(綠線)

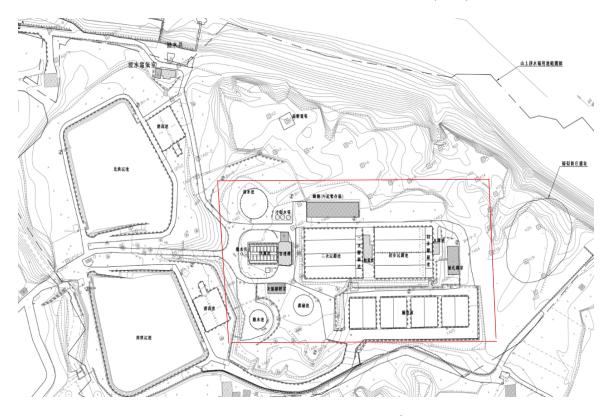


圖 4 山上淨水場場區平面配置圖(第一期)

第二期再擴充新設淨水處理設備5萬 CMD 工程主要內容計有:

於山上淨水場既有4.5萬CMD淨水設施 北側新建 5.0 萬 CMD 之淨水設施(包含:快



混、膠羽、沉澱及快濾池等淨水處理單元), 將原水(3,000NTU以下)經原改善之快混、迴 流池及初沉塘沉澱後,利用原水集水井(2座) 增設抽水機抽至新設5.0萬CMD淨水處理設 備,經處理後之清水導入新設1萬噸之清水 混合池, 並於曾文溪治理計畫線內新設取水 工取水,第二期淨水場平面配置詳圖5。 2.山上淨水場下游送水管線

山上淨水場目前運作方式為引取玉峰 堰原水一次處理,再送至潭頂淨水場進行二 次處理後,提供台南地區民生及產業用水使 用,在此供配水架構下,系統出水能力受限 於潭頂淨水場之出水能力,若僅擴充山上淨 水場規模,增加其出水能力,尚無法有效提 升系統之供配水能力及調度彈性,如能進一 步配合供水系統之改善,使山上淨水場處理 後之水源可直接提供台南地區民生及產業 用水使用,毋需再進入潭頂淨水場進行二次 處理(詳圖 6),則玉峰堰豐水期之水源將可更 有效利用,使整體系統供水能力及調度彈性 更有效提升。

# 3.效益評估

根據南部科學工業園區管理局網站及 樹谷園區服務中心提供資料,估算單位用水 產值,南科園區約1.5萬元/m³,樹谷園區約 2.1 萬元/m³。考慮因缺水造成南科、樹谷園 區之產值損失,以91年乾旱期間總計停水6 天而言,先前南科園區實際用水量約13萬 CMD,樹谷園區實際用水量約1.8萬CMD, 估計備援管線穩定供水之產值效益:南科園 區約 40.5 億元、樹谷園區約 22.7 億元。

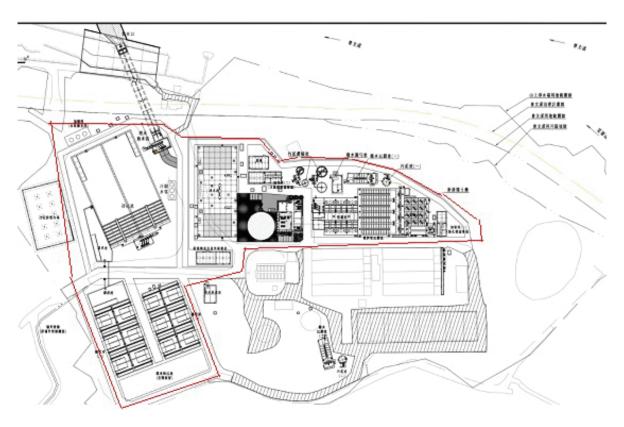
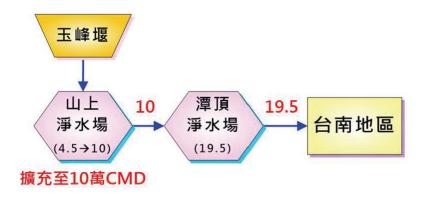
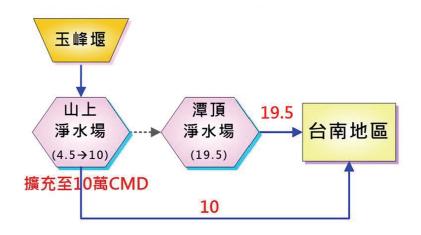


圖 5 山上淨水場場區平面配置圖(第二期)





(a)原供水系統:即使山上淨水場出水能力擴充至 10 萬 CMD,系統整體出水能力仍 受潭頂淨水場之出水能力 19.5 萬 CMD 所限。



(b)系統改變後:山上淨水場出水能力擴充至 10 萬 CMD,配合潭頂淨水場之出水能 力 19.5 萬 CMD, 兩淨水場最大可提供 29.5 萬 CMD 之水量, 玉峰堰豐水期豐沛 水源得以有效利用,系統供水能力、調度彈性亦可大幅提升。





圖 7 新設下游專管路線圖(另詳圖 3 桃色線)



除園區內備援供水機制外,未來尚有曾 文淨水場及永康再生水可作備援供水之 用;而樹谷園區現況實際用水量約 1.8 萬 CMD,用水量不大,且部分用水大戶已設置 超過3日備援水量之大型蓄水池,故現階段 南科、樹谷園區備援輸水管線尚未具推動條 件,惟若未來南科、樹谷園區實際用水量達 終期用水需求,亦即南科園區 25 萬 CMD、 樹谷園區 4.2 萬 CMD,則一旦南側潭頂專管 或北側 \$ 1,350mm 輸水幹管毀損,以現況備 援供水機制因應,造成經濟損失之風險甚 高,屆時本計畫規劃之南科、樹谷園區備援 輸水管線可視南科、樹谷園區實際用水量增 加情形,適時再評估,以降低兩園區遇緊急 狀況產生之經濟損失風險。

本計畫經濟成本及效益評估詳表 2,經 濟效益現值小計 96.27 億元,經濟成本現值 小計 36.77 億元,經濟淨現值 59.50 億元,益 本比 2.62, 具經濟可行性。

# 三、已達成目標及成果

- 1.有關山上淨水場第一期工程已於 112 年 12 月完成恢復玉峰堰橡皮壩恢復取水後,現 階段山上淨水場平均每日出水 4 萬至 4.5 萬 CMD,第二期工程,施工進度已達 57.3%,其中淨水設備結構體已完成約 75%,預計114年6月整體試車加入營運備 援出水。
- 2.山上淨水場下游專管部分,本案全長約 13.5 公里共計分成 8 標, 埋設管徑採台灣 自來水股份有限公司之經濟管種∮ 1200mm DIP,其中管(一)~管(六)均已完 成,剩餘管(七)預計113年6月底完成,屆 時送水管線將提升輸水能力每日可達10萬 CMD 之清水供給南部科學園區之產業用 水。
- 3.高程分析:由圖 3 說明,山上淨水場高程 約 EL=30,潭頂場約 EL=16,新市民生路 南部科學園區管理局約 EL=5,若是由直接 重力式放流,將可直送南部科學園區,淨 水壓力尚可餘 2kgf/cm<sup>2</sup>。

表 2 本計畫之經濟效益及成本評估成果表[1]

項目	項目	現值(億元)	
	減少產業缺水效益	95.52	
經濟效益	維持供水效益	0.75	
	合計	96.27	
	初期投資	22.83	
經濟成本	營運成本+重置成本	13.94	
	合計	36.77	
經濟淨現值		59.50	
益本比		2.62	

- 4.原水購水費成本分析:依據農水署之農業 用水水價計費標準,每立方公尺之水價介 於 6.75~10.5 元,因此若能由玉峰堰持續取 水,經處理符合飲用水質標準後,專管送 至大台南地區供給一般民生或是產業用 水,將可每日節省約 10 萬 CMDx6.75 元 =67.5 萬元,一年約可省下 2.46 億元之農業 用水購水費。
- 5.電力費成本分析:潭頂場平均之每月電費 約為 144 萬度,平均每月出水量約 568 萬 CMD, 平均每供水 1CMD 約耗 0.25 度, 故 成本需 1.5~1.9 元[4]。若完成專管每日最大 送水量 10 萬 CMD,則每日約可節省 3.75 萬~4.75 萬元,一年可節省電力費 1,369 萬 ~1.734 萬元,將可大幅開源節流,節省公 帑。

# 四、結論及建議

總結,本工程計畫若完成後,將可提升 大台南地區之供水能力並降低缺水之窘 境,且可降低相關之供水成本,鑑此,因應 未來台南產業用水量提升之需求,故可得到 以下之結論:

- (一)山上淨水場第二期工程完成後,可將原 山上淨水場淨水處理能力由 4.5 萬 CMD 提升至5萬CMD,其水質將可不用再經 二次處理,並可配合潭頂淨水場之出水 能力 19.5 萬 CMD, 兩淨水場最大可提供 24.5 萬 CMD 之水量,玉峰堰豐水期豐沛 水源得以有效利用,系統供水能力、調 度彈性亦可大幅提升。
- (二)本計畫經濟成本及效益評估後,經濟效 益現值小計96.27億元,經濟成本現值小

- 計 36.77 億元,經濟淨現值 59.50 億元, 益本比 2.62, 具經濟可行性。
- (三)山上淨水場若以重力方式直接輸送供水 至下游科學園區,剩餘水壓尚餘約 2kgf/cm<sup>2</sup> •
- (四)若能由玉峰堰持續取水經處理符合飲用 水質標準後,專管送至大台南地區之相 關產業用水,未來一年將可省下約 2.46 億元之農業用水購水費。
- (五)計畫完成後,經專管專送至南科,原潭 頂場之電力費支出,每年可節省約1,369 萬~1,734萬元,可大幅節省公帑。



圖 8 下游專管完成照片(一)



圖 9 下游專管完成照片(二)





圖 10 下游專管完成照片(三)



圖 13 下游專管完成照片(六)



圖 11 下游專管完成照片(四)



圖 14 下游專管完成照片(七)



圖 12 下游專管完成照片(五)



圖 15 下游專管完成照片(水管橋一)





圖 16 下游專管完成照片(水管橋二)

# 致謝

感謝水利署南水局及本公司第六區管理處 台南給水廠提供之相關參考資料。

# 參考文獻

- 1.玉峰堰工業用水專管必要性評估報告,黎明工 程顧問有限公司106年5月。
- 2.南科台南園區用水計畫書(第二次變更),科技 部南部科學工業園區管理局106年。
- 3.台南山上淨水場供水系統改善工程計畫,黎明 工程顧問有限公司107年8月。
- 4.各類電價表及計算範例,台灣電力公司(112 年4月1日起實施)。

#### 作者簡介

#### 謝張浩先生

現職:台灣自來水公司南區工程處處長

專長:環境工程、土木工程、營管及漏水防治

#### 洪志雄先生

現職:台灣自來水公司南區工程處副處長

專長:環境工程、自來水工程規劃設計、十木工程及

工安管理

#### 莊承翰先生

現職:台灣自來水公司南區工程處第四工務所工程員

專長:自來水工程監造、十木工程

#### 蘇柏源先生

現職:台灣自來水公司南區工程處第四工務所主任

專長:自來水工程監造、土木工程

#### 葉文正先生

現職:國立屏東科技大學土木工程學系專任副教授 專長:十木工程、結構工程、橋梁工程及數值模擬

#### 李明輝先生

現職:國立屏東科技大學土木工程學系專任教授 專長: 土木工程、軍事工程、結構工程及估測理論