

自來水會刊第 35 卷第 2 期目錄



實務研究

- 高地社區自來水設備代管實例研析……………林瑜禎、王耀霖…… 1
- 整合性行動平台應用於水資源經營管理之研究……………陳肇成、王國樑、蔡秉儒、王正遠…… 8

本期專題

自來水工程與案例

- 鋼骨繞線式集水管之伏流水取水工程探討……………劉維民、洪志雄、劉奇峯…… 19
- 板新地區供水改善二期工程計畫執行現況與展望……………徐俊雄、李嘉榮…… 27
- 水利設施申請開發許可案例—中庄調整池工程計畫……………王國樑、謝呂賢…… 37
- 湖山水庫下游自來水工程簡介……………鄭錦峯…… 45

一般論述

- 供水4.0~智慧水網初探……………李丁來、趙全明、黃正中、郭得祿…… 50
- 直接給水設備與新式供水技術……………朱健行…… 54
- 福馬圳圳尾取水供應彰濱工業區工業用水之探討……………李嘉榮、王亮中、楊凱鈞…… 62

工作現場

- 新北市新店美之城供水備援系統工程建置……………石明憲、李中彥…… 71

他山之石

- 北京、澳門、香港與上海浦東—管網漏損控制與管理簡介（上）……………黃欽稜…… 73

國際視窗

- 「你知道嗎？」—水與都市化……………本刊編輯小組…… 91

協會與你

- 歡迎投稿 105年「每期專題」…………… 36
- 中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 53

封面照片：宜蘭縣的「清洲淨水場」空拍圖—台灣自來水公司第八區管理處提供

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、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與您、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地、自來水工作現場等文稿。
- 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），前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過 150 字之中英文摘要，本刊將委請專家審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，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。「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、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，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。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 aael@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，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、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十、本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。
- 十一、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 92 年 3 月 26 日工程企字第 09200118440 號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發 行 單 位：中華民國自來水協會

發 行 人：胡南澤

會 址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電 話：(02)25073832

傳 真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員

黃志彬

副主任委員

李丁來

委 員

駱尚廉、葉宣顯、康世芳、王根樹、林財富、
陳曼莉、范煥英、洪世政、莊東明

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總 編 輯：李丁來

執行主編：林正隆

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：陳品如

電 話：(04)22244191 轉 266

行政助理：古藹苓

印 刷：松耀印刷企業有限公司

地 址：台中市北區自強街 50 號

電 話：(04)23607717

高地社區自來水設備代管實例研析

文/林瑜禎、王耀霖

摘要

綜觀一般高地社區建設初期設備新穎，運作正常，且無管線破裂等現象，故在沒有產生漏水造成總表差額過大的情形下，住戶大多不會考量其未來可能產生之各項問題。但隨著無情的歲月，管線設備漸漸老舊，漏水及設備損壞頻仍，高地社區管委會在管理上也出現越來越吃力情形，甚至束手無策的窘境。各管委會或住戶代表為解決其設備老舊漏水等問題，進而尋求自來水事業單位代為維護管理，且多以透過向民意代表陳情的方式處理。

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）於 104 年剛完成歷來第一個高地社區自來水設備代管案件，其歷程冗長且經過北水處同仁努力克服許多困難，本文係綜整高地供水代管案設計招標階段及施工階段遭遇之問題及解決方案，並闡述應注意事項供作參考。

一、緒論

北水處南區營業分處於 104 年 3 月剛完成歷來第一個高地社區自來水設備代管案件（觀星台北、敦南莊子、桃花源社區、幸福社區、成家傳奇等 5 個高地供水社區管網改善案），此 5 個社區用水戶數約 1,345 戶。本案係因社區每期總表差額高達 1 萬度以上，該社區於 92 年起陸續透過民意代表陳情，至今年完工止，期間大小會議、會勘超過 40 次以上，本案可謂（老舊高地供水代管）北水處嘔心瀝血之代表作。

通常高地社區建設初期設備新穎，運作正常，且無漏水現象，故雖然內線埋設較長不易維護，但因無異狀，沒有產生總表差額過大之情形，社區住戶們大多不會考量其未來可能產生之各項問題。惟隨著歲月的累積，問題浮現後，管委會或許可以暫時解決，但當後續一連串之設備老舊、損壞、漏水等問題一一浮現時，常讓社區管委會束手無策，不知如何是好。

本代管案在歷經各方努力後，才得以依北水處「臺北市老舊高地社區自設加壓受水設備改善計畫（102 年 10 月 28 日核定版）」執行。本文主要是探討工程設計、發包、施工各階段所遭遇之問題及解決方案，並闡述各階段應注意事項，並提供較為適當之作業流程，以利未來類似案件作業之依循參考。

二、設計招標階段應注意之事項

（一）經費及補助

老舊高地社區代管案件成立初期，社區住戶最關心也是最想知道的，就是「整個工程我們大約要出多少錢」，每戶平攤後金額住戶是否可以負擔，故自來水事業單位應先勘查申請社區的環境、地形，並概算工程金額。後續與社區、民意代表開會或公文回覆時，得依據概算金額配合事業單位改善計畫或作業要點回覆。

目前北水處乃依據「臺北市老舊高地社區自設加壓受水設備改善計畫」受理高地社區代管案件，回覆時需特別強調經費支付原則等注意事項。（目前北水處之計畫：公務

預算補助各社區以一次為限，且每戶補助金額為工程改善經費之 80%，並以每戶 10 萬元為上限。）

(二)自來水設備設置地點之土地同意書取得

高地社區申請代管前，自來水事業單位應與社區管理委員會或代表人員勘查自來水管線埋設路線及加壓受水設備之位置，並在會議紀錄中或回函時強調，請其取得該土地使用同意書，始得遞案申請。

本代管案中，5 個高地供水社區中之「幸福社區」因道路屬幸福水泥所有，且社區因種種原因無法取得土地使用同意書，後幾經波折，與北水處協調以管線附掛於道路兩旁斜坡上之方式施工，北水處人員並據以繪製施工設計圖說。惟後續召開施工前說明會時遭受住戶強烈質疑妨礙景觀且可能因停車等因素撞擊導致管線受損。

北水處經多方研析後，依據自來水法 61-1 條第 4 項「用戶加壓受水設備所使用之土地非屬用戶所有，但自自來水事業供水日起，使用年限已達十年以上者，其用戶就該等土地視為有地上權存在，得於直轄市、縣（市）主管機關同意，並保證工程完畢後恢復原狀下，在取得土地所有權前為必要之維護與更新。」來解決當前問題。

幸福社區內管線，實務上屬用戶內線，北水處僅代為維護管理，於上述自來水法範疇內，故得逕為設計施工該汰換管線於原管線位置處。惟仍須取得該社區之切結書（圖 1），以避免自來水法 61-1 條第 5 項「用戶使用他人私有或公有土地，應擇其損害最少之處所及方法為之，並予以補償。」可能衍生之後續補償問題。

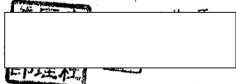
切結書

本社區之加壓受水設備，茲委託臺北自來水事業處(以下簡稱水處)代為更新改善，社區部分預定埋管巷弄內尚有既設障礙物，本社區管委會負責協調用戶排除，以利自來水管線埋設，必要時由本社區負責私有地補償，於代管期間內，若有他人主張權利時，本社區管理委員會負責解決。

且若因前開施工事宜致水處受有賠償之請求或因此支付任何費用者，本社區管理委員會願負一切賠償責任。

此致

臺北自來水事業處

立切結書人 

本社區區分所有權人：(附名冊)

中華民國 101 年 月 日


101.05.02

圖 1 切結書

(三)申請人應繳費用

自來水事業單位與社區簽訂之代管契約內申請人應繳費用有兩項，1.工程改善費用、2.加壓維護費，本案北水處與社區訂約於繳完工程改善費後開始代管（通常於現場點交用戶加壓受水設備後即開始代管），屆時應將「加壓維護費」相關資訊於會勘紀錄中強調，並應將會勘紀錄箋會計費單位（北水處為各營業分處抄表股）。箋中應附上用戶明細，並清楚記載各別之加壓維護費段數等資訊，以利計費單位據以辦理後續修正「維護費別」。

(四)設計旁通管 (bypass)

上下水管於靠近上水池前需設計旁通管 (bypass)，以利後續水池整修或清洗時可以持續供給社區用水，避免造成社區用水戶停水（圖 2）。



圖 2 bypass 設計及施工

(五)建築物高程之確認

設計水池（尤其中繼水池）供水範圍時，需注意其供水範圍建物之水塔高程，重力流是否可以正常進水，避免施工後水壓不足，造成用戶無水可用之窘境，且衍生後續須辦理變更設計，2 次施工修正等問題。

本案 5 社區中之敦南莊子社區為 7 樓建築物，該建築原設置之下水池已廢除，代管前由 5 個社區地勢最高之觀星台北社區上水池直接重力流供水至該棟水塔，惟施工設計時為使區域用水分佈適當，改以中繼水池供水，施工後發生因中繼水池高程不足而無法正常供水之現象（如圖 3 所示）。

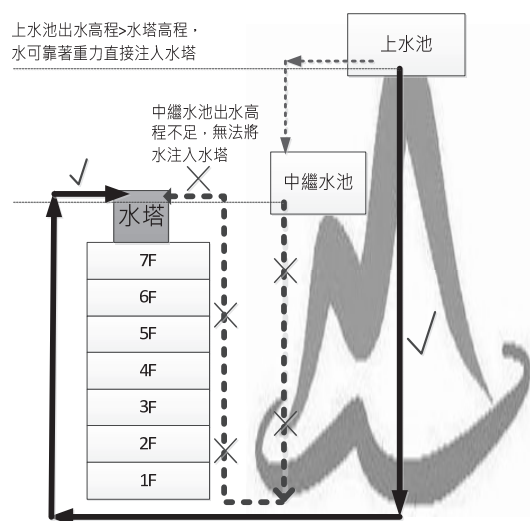


圖 3 水池供水高程示意圖

(六)施工介面先行確認

代管案中若同時含有加壓站受水設備改善時，管線施工單位繪製之管線設計圖送審核時應加會加壓站受水設備施工單位，彼此確認銜接面施工作業模式，避免於施工時發生介面混淆不清之情形，造成做完又拆除重複施工等問題，致工期延長。

(七)預算書需詳列預算分攤費用詳細表

北水處之「臺北市老舊高地社區自設加壓受水設備改善計畫」工程經費為單位預算，編列預算書時會計科目：營建工程及代收款（參考圖 4）。若有公務預算補助時，需製作預算費用分擔詳細表（圖 5），將預算編列切成「公務預算：用戶分擔經費」（目前北水處改善計畫以「80%：20%」為原則，實際比例依各案而定）。

臺北自來水事業處 工程預算書

10318003C13		
0 高地用水社區自來水管改善工程	工程編號：	一〇三處公務字第〇〇三南區一三號
09 巷(觀星台北、敦南莊子、南方桃花源、幸福社區)	會計科目：	營建工程及代收款
分處 給水股	招標方式：	公開招標
款 額	工程概要：	
工 程 費	本工程以實做數量辦理估驗及決算。	

圖 4 工程預算書

臺北自來水事業處
預算分攤費用詳細表

觀星台北等5個高地用水社區自來水管改善工程
2段109巷(觀星台北、敦南莊子、成家傳奇、南方桃花)

目 及 說 明	公務預算(80%)	用戶分攤經費(20%)	合 計
	22,897,933	5,724,483	28,622,416
第(1)	19,048,638	4,762,159	23,810,797

工程/勞務 編號

圖 5 預算分攤費用詳細表

三、施工階段遭遇之問題及應注意事項

(一)表位新設

目前北水處「管網改善工程」汰換管線施工時，皆為改接現場已經存在之表前管線(現場已有水表)，而由用水戶申請之「用戶新設給水裝置工程」給水管線及水表均為新設，內線審驗通過後，內線及水表箱位置於北水處進場施工前，申請人已請水電商施作完成。

高地社區自來水管線設備改善施工乃涵蓋此兩種工程之特性，一則汰換其舊有自來水管線，一則需於各棟 1 樓處設置新總表(原 5 社區僅 3 個大表，各戶有分表)，後者原應由社區自行僱請水電先行施工，惟因沒有經過內線審驗及檢驗中心檢驗程序，故常發生管線廠商已經進場施工，但社區的表位及內線尚未設置完成，衍生施工困擾。故施工前必須再勘察並要求社區將內線及表位先行施工完成，以利工進。

(二)表位或管線下方為地下室之處理原則

本高地社區供水代管案施工時發現，許多新設總表表位或新設給水管線下方為地下室，大多作為停車場或置物之用，但因其樓地板不厚，所以施工時(打表位及管溝時)有打穿地板之虞及將來防水層因施工遭破

壞致漏水等保固問題，故設計時應盡量協調避開，但若因故如法避開時，必須請社區切結，有關防水等問題應請專業廠商二次處理，施工單位應與社區清楚劃分保固責任。

(三)大表無法設置於建築線內之處理方式

本代管案 5 社區中之「敦南莊子」社區大表設計口徑為 100mm，原應將表位設置於建築線內，惟建築線內空地下方大部份為地下室，而管線穿越水溝裝設表位至接到舊管線需要許多彎頭、短管等，含水表本體長度致加總長度過長，而無法在建築線內剩餘空間設置，故僅能設置於路邊(社區道路)(圖 6)。雖然該路為社區內道路，但車輛通行頻繁，亦常有貨車通過，若以北水處現有提供之大水表箱蓋設置，可預知其未來必定常有破損情形發生，而造成該處居民及北水處雙重困擾。



圖 6 敦南莊子社區大門

經考量後解決方案係以窰井代替一般大表箱(圖 7)。因窰井強度本就是以一般道路環境設計，所以夠堅固，且不會影響到未來換表時的方便性。

(四)社區內連鎖磚復舊處理方式

一般管線施工時遇穿越人行道時，因施



圖 7 大水表箱以窰井代替

工長度通常不長，故多將其上之高壓磚或連鎖磚小心切割、取出、暫置，俟管線工程施工完成後，再原樣復原。惟當管線施工長度太長或路面需恢復面積太大時，要完好拆除高壓磚就是一件不容易的事，故施工前即應協調確認以水泥砂漿、瀝青混凝土(AC)或其他方式鋪設。

本案中「桃花源社區」內道路有一大片連鎖磚，施工後原以水泥砂漿復舊（圖 8），後經社區管委會會同民意代表協調改以高壓磚復舊（圖 9），且因該社區有多個管線單位先後施工，故結論由台電、衛工處、北水處分別負責，惟考量不同單位施工銜接面一致性等美觀問題，北水處以委託代辦方式委由衛工處一併辦理高壓磚復舊，經費則由該社區用戶負擔工程改善費用剩餘部分支應，並簽訂委託代辦契約（圖 10），此不失為另一種兩全其美的處理方式。



圖 8 連鎖磚施工後以水泥砂漿復舊情形



圖 9 後續衛工處以高壓磚復舊情形

正本	
臺北自來水事業處委託	
臺北市府工務局衛生下水道工程處	
代辦「木柵路 2 段 109 巷 42-50 號鋪面復舊工程」	
代辦契約	
臺北自來水事業處(簡稱洽辦機關)將「木柵路 2 段 109 巷 42-50 號鋪面復舊工程」依政府採購法第四十條規定，委託臺北市府工務局衛生下水道工程處(簡稱代辦機關)代辦工程規劃、設計、發包、監造、施工管理事宜(辦理項目詳一覽表)爰經雙方協議訂定契約如下：	
第一條：	委託代辦工程項目包含洽辦機關已完成管線更新路段之高壓磚美化工程。
第二條：	委託代辦工程項為本工程之設計、施工預算書編列、發包、監造及施工管理。施工管理含開工、施工、結算、驗收、保固、接管點交作業階段之文書作業。
第三條：	關於本工程之監辦採購之主(會)計及有關單位，一併委由代辦機關代辦，委託代辦經費為新臺幣 26 萬元整。
第四條：	洽辦機關得通知代辦機關召開工程進度說明會，洽辦單位認為有必要時，得函請代辦機關召開臨時說明會，會議紀錄及文書作業由代辦機關負責。
第五條：	洽辦機關對施工事項、工地安全措施、噪音、環境整潔及交通維持等有建議時，代辦機關應配合協調辦理，工程施工期間如洽辦機關認為須辦理房屋結構相關鑑定時，洽辦機關得通知代辦機關辦理會勘確認。
第六條：	關於委託代辦作業項目雙方權責，悉依「洽辦機關委託代辦機關代辦事項一覽表」規定辦理。
第七條：	本委託契約書如有未盡事宜，發生疑義時，經雙方協議後，以附件補充之。
第八條：	本委託代辦臺北市文山區木柵路 2 段 109 巷 42-50 號前高壓磚美化工程。
第九條：	本契約書正本兩份，雙方各持一份收存，副本四份由雙方各持二份收存，並報請各該上級機關備查。

圖 10 委託衛工處代辦契約封面及部份條文

(五)新設水表裝設及開水作業

本案 5 個社區原僅有 3 個總表，其餘均為分表，施工後因各棟均設總表，故工程施工完成後需移請自來水事業單位給水新設工程領用裝設水表（在北水處為分處給水裝置工程），施工完成後接續開水作業，再移由管理單位（北水處為分處抄表股）辦理主檔異動變更各分表通過新總表，據以正確計費、收費。

四、結論與建議

(一)結論

本案（觀星台北等 5 個高地社區自來水設施代管案）自初期萌芽至完工，累積會議會勘次數達 40 次以上，因案無前例可循，故常有大海撈針方向模糊不明的感覺，雖已

考慮嚴謹，仍難免有遺珠之憾。為免爾後類似案件執行各階段無法先行安排妥適，而必須事後亡羊補牢，僅依本案過程擷取重要部份提供注意事項，祈能幫助類似代管案件成立時，自來水事業單位承辦人有可參考之處，或可降低會議會勘之次數，少走一些冤枉路，俾利設計施工各階段執行較為順遂。

據本案執行經驗及後續仍有一些其他高地社區提出代管需求發現，觀星台北等 5 個高地社區因為戶數多（約 1345 戶），每戶自付工程費僅 1 萬多元。若是戶數較少的社區，負擔則較重，故估算費用之後原先有意願之社區可能會打退堂鼓。故估算費用應於申請前先執行為宜，案件提出之初期即可依「社區申請自設加壓受水設備代為維護管理流程圖」（圖 11）來執行，較符合現況需求。

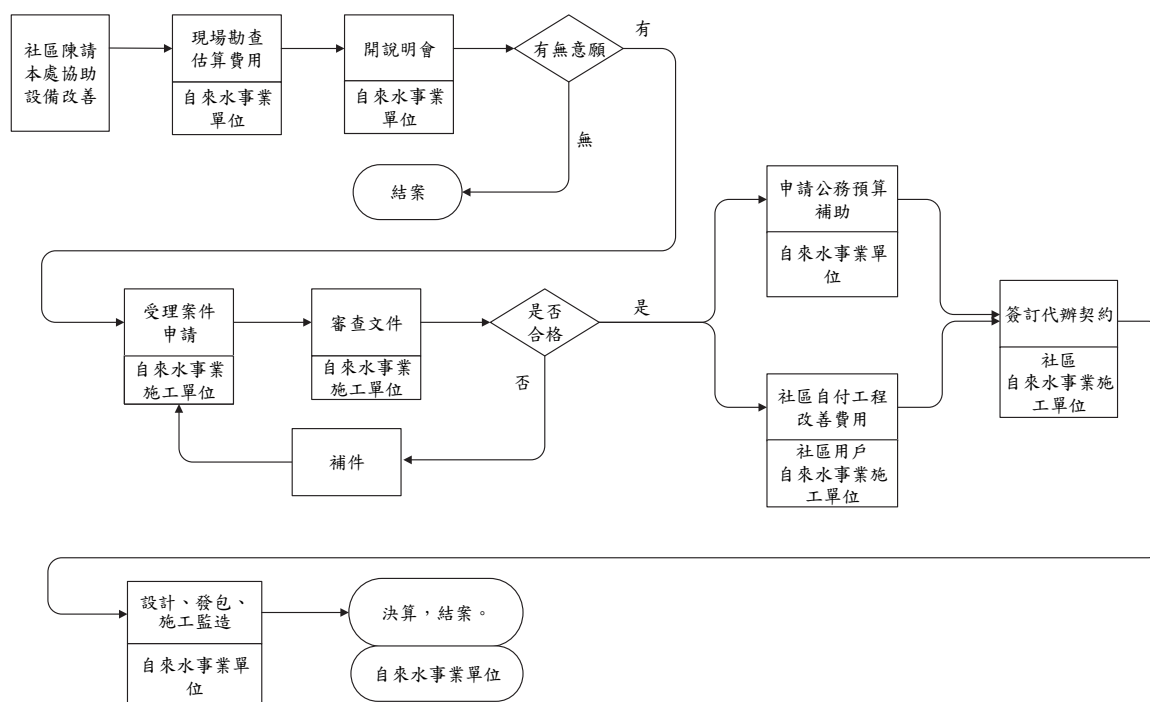


圖 11 社區申請自設加壓受水設備代為維護管理流程圖



申請高地社區自設加壓受水設備改善補助計畫審查文件一覽表

申請社區：

申請日期：

社 區 應 備 文 件	已 附	未 附	備 註
一、申請書			
二、管理委員會（或管理負責人）成立證明			未成立管委會者（或管理負責人），以該用戶加壓受水設備共有用戶過半數以上（含應有部分過半數）簽名同意為之，並同意授權由受委託人與自來水處簽訂委託代辦契約。（附同意書範本）
三、區分所有權人會議授權管委會（或管理負責人）申辦本補助計畫並簽訂相關文件之會議紀錄			
四、機電、配水池及管線設備清冊			
五、自來水管線及加壓受水設備經過土地之土地使用同意書			
六、符合自來水法 61-1 條第 4、5 項切結書			（附切結書範本）
七、其他：			

圖 12 申請高地社區自設加壓受水設備改善補助計畫審查文件一覽表

設計招標階段應注意之事項可於前端設計時提醒注意一些隱含問題，使後端施工時可以更順暢，避免產生過多且可避免之變更設計。

施工階段遭遇之問題及應注意事項可協助工程監工或執行人員於施工前即能掌握社區的性質，避免施工後產生令人難解之問題及住戶對自來水事業單位施工品質之疑慮，並可避免重複施工。

(二)建議

- 1.有鑑於案件申請前之土地使用同意書取得極為重要，故有關案件審查必備之「申請高地社區自設加壓受水設備改善補助計畫審查文件一覽表」，應可考慮增加「五、自來水管線及加壓受水設備經過土地之土地使用同意書」及「六、符合自來水法 61-1 條第 4、5 項切結書」兩點(圖 12)，俾利承辦人員審理案件時取得較完整之資料。
- 2.自來水事業單位得製作高地社區自設加壓受水設備改善補助計畫之設計及施工注意

事項。做為後續類似案件承辦人員之參考依據。

參考文獻

- 1.陳建宏，自來水事業代為管理高地社區之初討-以臺北自來水事業處為例，自來水會刊，第34卷第2期，第94-97頁，2015年5月。
- 2.臺北自來水事業處，臺北市老舊高地社區自設加壓受水設備改善計畫，2013年10月。

作者簡介

林瑜禎先生

現職：臺北自來水事業處南區分處三級工程師
專長：自來水工程規劃、設計施工及用水分析

王耀霖先生

現職：臺北自來水事業處南區分處三級工程師
專長：自來水工程規劃、管線工程施工

整合性行動平台應用於水資源經營管理之研究

文/陳肇成、王國樑、蔡秉儒、王正遠

摘要

近年來全球持續暖化，極端氣候已逐漸變為常態，如何因應與採取適當措施進行調適(Adaption)，已成為國際間關注的重要議題。台灣位於亞熱帶季風氣候區，夏季溼熱而冬季乾冷，雨量分配極度不均，水資源的控管、調度與防汛應變，對水庫管理機關是一項嚴峻而複雜的課題。經濟部水利署北區水資源局(以下簡稱北水局)位於桃園市龍潭區，管轄區域範圍自中港溪以北至秀姑巒溪以北，以集水區治理、水資源設施及水庫用水等各項經營管理為執掌。其中，石門水庫、寶山第二水庫等更為台灣北部地區極為重要之水庫，兼具灌溉、發電、給水、防洪及觀光等效益。面對缺水問題，若未能有效控管水庫用水、蓄水等即時資訊，並針對現況做出有效的決策，將影響轄區內民眾用水問題甚鉅。為有效掌控轄區環境、業務等資訊，本研究應用資訊科技技術，搭配行動化設計理念，建置水資源行動化整合系統，提供雨量、水情、濁度、清淤、工程等關鍵資訊，協助北水局及各單位長官能於第一時間掌控相關訊息，輔助其於最短時間內做出最佳決策。

關鍵詞：行動化平台、水資源管理、北區水資源局。

一、前言

近年來極端氣候與島嶼地形之影響，讓台灣水資源不斷面臨乾旱與洪水交替的循環，水利署作為全國水資源主管機關，除了須在乾季調節水庫運轉、用水分配、水源調

度等策略外，在汛期則須加強防汛應變、基礎工程施做等多元且複雜的業務性質。對決策者來說，雖有許多業務資訊系統、監測系統即時觀測與收集資料，但在關鍵時刻卻無法迅速有效地整合並加以呈現，因此如能針對此問題為基礎，結合發展迅速的行動應用技術，應可有效地提昇決策應用之品質與效率。本研究以經濟部水利署在北部地區最重要的所屬機關，北水局之資料與業務為案例，設計完整且即時更新之水資源管理系統，提供主管決策應用。

(一)水資源管理機關

北水局為經濟部水利署之重要所屬機關，機關所在位置於桃園市龍潭區，北水局自民國 43 年起即致力於石門水庫相關管理作業，組織除主管外，向下分為計畫課、品管課、工務課、保育課、養護課、經管課、資產課、石門水庫管理中心、寶二水庫管理中心、秘書室、人事室、主計室、政風室等 13 課、室及中心其架構如圖 1，分別管理轄區內水資源開發設計、工程施工控管、水庫集水區治理、用水調度分配、水庫蓄水範圍使用管理、水文設施警報系統維護等多元業務。

(二)研究背景與歷史事件

1.2015 年 05 月乾旱危機

自 2014 年秋冬以來台灣各區降雨不佳，歷經長達 9 個月的乾旱事件，為 67 年以來最嚴重旱災，其影響層面涵蓋農業、工業，後期甚至影響民生用水，2015 年 3 月 23 日石門水庫蓄水率更創建庫以來歷史同期

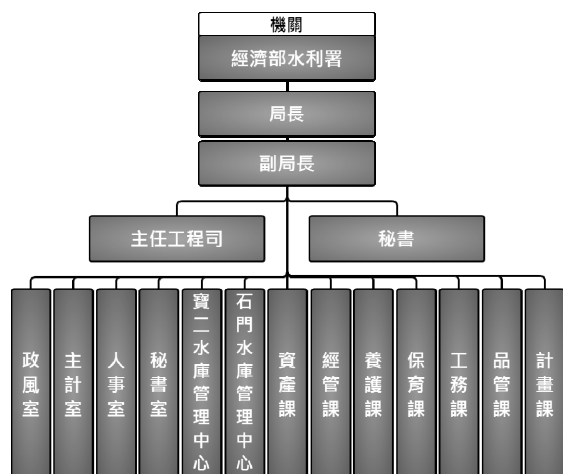


圖 1 北區水資源局組織架構

最低為 20.0%，相關主管機關亦於乾旱期間召開多次抗旱應變會議，並罕見的提升至中央災害應變層級，協調跨部會協商用水調度等相關水資源應變問題，經濟部決議台灣各區依狀況分別實施第一階段、第二階段及第三階段限水措施。

為有效掌控即時水情資訊，本研究規劃針對北水局轄區內石門水庫及寶二水庫即時水情資訊製作專屬 APP，提供北區水資源局及相關單位長官可透過任何智慧型手持裝置(手機、平板)等，掌握第一手的水情資料，以利採取相關決策。

2. 梅雨季節防汛計畫

台灣梅雨季節為每年五月下旬至六月下旬之間持續天陰有雨的自然現象，來自北方的冷空氣與從南方北上的暖空氣匯合，若冷暖空氣勢力相若，則造成滯留鋒面停留在台灣上空。近年來梅雨季節受到全球氣候變遷影響，梅雨季節期間較難掌握，且降雨量偏多的極端降雨次數，也跟著增加，梅雨季節暴雨成災的機率也跟著提高，故防汛計畫也是政府相關單位相當重視的一環。

為有效掌握即時降雨資訊，本研究規劃製作針對北水局轄區範圍內各雨量站資訊

整合 APP，介接北水局系統資料及中央氣象局資料庫，含石門、三峽、鳶山堰、上坪堰、桃澗、石澗等地區之雨量站即時資訊，北水局長官可透過任何智慧型手持裝置(手機、平板)等，查看各雨量站於 10 分鐘、1 小時、3 小時、6 小時、12 小時、24 小時以內的累積雨量及各區之平均雨量，藉此了解每一次降雨對水庫蓄水量及對整體用水之影響。

二、研究範圍

(一)北水局轄區範圍

北水局轄區幅員廣大，包括新竹縣以北至宜蘭縣及東部花蓮縣，面積約 11,956 平方公里，包括多座重要水庫及壩堰，如石門水庫、翡翠水庫、新山水庫、寶山水庫、寶二水庫、大埔水庫及隆恩堰。

(二)石門水庫與寶山第二水庫

石門水庫為台灣地區第三大水庫，以淡水河上游之大漢溪為其主流，集水區東鄰台北縣、宜蘭縣，南接台中縣，西南與苗栗縣相鄰，主要行政區劃分隸屬桃園縣復興鄉、桃園縣大溪鄉、桃園縣龍潭鄉、新竹縣尖石鄉、新竹縣五峰鄉、新竹縣關西鄉及宜蘭縣大同鄉等 7 個鄉鎮，集水區總面積為 76,340.49 公頃，水庫庫容約為 217 百萬立方公尺，在水資源統籌運用上具備多重功能，如給水、灌溉、發電、防洪、觀光等，每日平均由水庫調蓄之供水量約 80 萬立方公尺，合計下游未控流量及三峽河抽水站者，總供水量最大可達 148 萬立方公尺，主要供應新北市、桃園市及新竹縣湖口鄉之公共用水，自水庫營運以來，對台灣北部地區水資源應用均有卓著貢獻。

寶山第二水庫為一離槽水庫，其主要水源為引取頭前溪支流上坪溪多餘水量，其取

水方式利用上坪堰進水口取水，經沉砂池沉砂後由新建引水路引入水庫調蓄利用，有效蓄水量為 3,218 萬噸，寶山第二水庫與寶山水庫聯合運用，可個別取水或聯通存蓄而同時送水至寶山淨水廠處理，每日可增加供水量 28.20 萬噸，每年可增加供水量 1.02 億噸，可增加新竹地區水資源之調蓄與空間及水資源永續利用與發展，減低地下水超限利用，配合區域均衡發展，提供穩定新竹生活圈公共給水之水源，達成區域發展之目標。

三、研究方法

(一)系統設計法

本研究於系統開發前，針對北水局的相關業務進行資料蒐集並進行需求訪談，透過

訪談瞭解北水局目前的主要需求方向為水情、雨量、工程即時資料介接、統計、查詢等，再進行系統細部結構的設計及分析，確認符合需求後，進行各模組開發及測試作業，爾後提供北水局及相關單位長官使用。

(二)行動化技術

目前持有智慧型行動裝置的人們日益增加，不論政府與企業都積極思考，如何利用行動裝置來提升競爭力與生產力，甚至將行動化技術應用於資源整合及經營管理，因此本研究導入行動化技術於水資源經營管理與支援決策，讓第一線決策者能以任何形式行動裝置，更輕易地使用應用程式以掌握最新資訊。

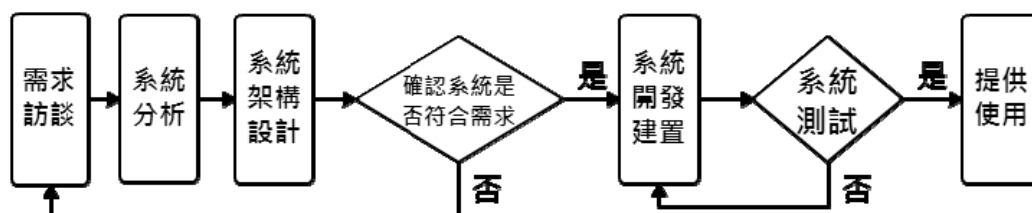


圖 2 系統設計流程圖

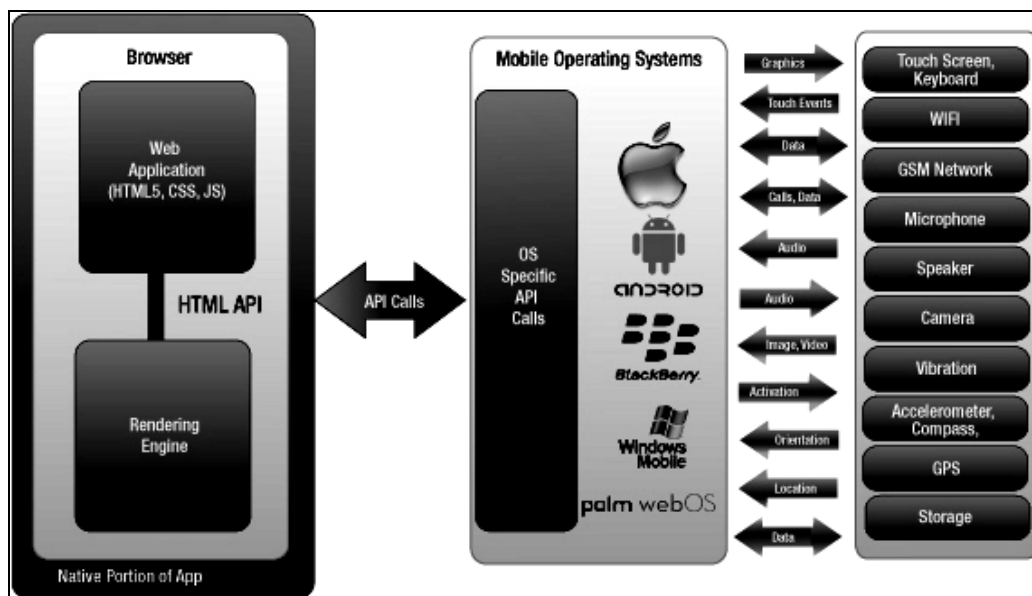


圖 3 Hybrid App 運作框架

本研究以混和模式(Hybrid App)來開發每日水情 APP，混合語言(Hybrid App)程式的部份代碼會以 Web 技術編寫，如 HTML5、CSS 和 JavaScript。這些程式都是被包裹在原生容器(Native Container)和透過手機上的瀏覽器引擎來呈現 HTML 和執行 JavaScript。其兼具 Native App 和 Web App 兩種模式應用的優勢，擁有 Web App 跨平台特性，不需要為每個操作系統編寫特定的編碼。Hybrid App 開發模式正在被越來越多的單位和開發者所認同，也逐漸成為行動應用程式發展的主流。

(三)系統運作模式與資料來源

每日水情 APP 整合北水局雨量、水情、清淤、濁度、工程等資訊，其中，水情資訊及清淤資訊需由負責人員從後端填報系統每日輸入，雨量資訊、濁度資訊、工程資訊皆由系統自動介接並於固定時間自動更新，然長官及可藉由智慧型手持裝置查看最新資訊。

本研究以智慧型手持裝置(行動版)整合各項北水局業務相關資料，而主要資料來源分成以下五類：

- 北水局自動監測資料自動蒐集系統：即時水位資料、即時雨量資料、即時濁度資料。
- 寶管中心 Web Service：即時雨量資料、即時水位、即時濁度資料。
- 政府資料開放平台 Data.gov：即時雨量資料。
- 後端系統填報：水情資訊（石管中心、寶管中心）、清淤資訊（養護課、石管中心）。
- 工程標案管理系統、工程管理系統：工程資訊。

四、系統架構與實作成果

(一)系統架構

系統架構主要分成以下五個部分：雨量資訊、水情資訊、清淤資訊、濁度資訊以及工程資訊。雨量資訊模組主要透過條件篩選即可快速撈出指定時間的累積雨量及平均

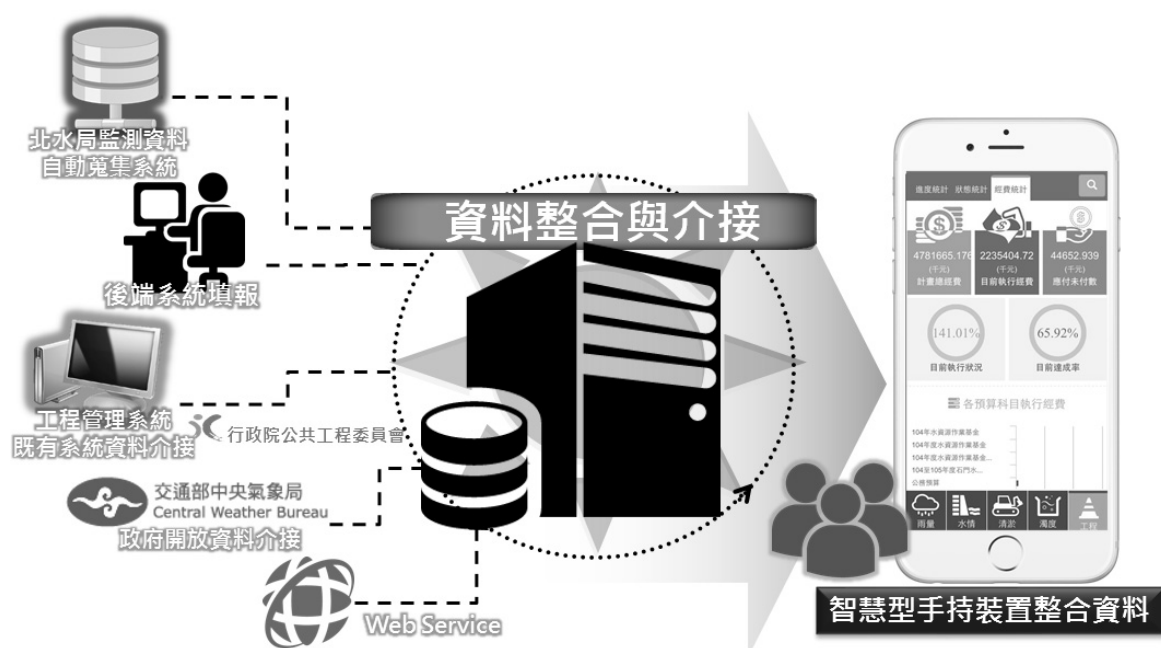


圖 4 系統運作模式與資料整合介接

表 1 資料來源表

項目	測站(區域)	資料來源(單位)	資料格式	更新頻率
雨量資訊	石門水庫	石管中心 (水位與雨量自動蒐集系統)	資料庫資料表	10 分鐘
	上坪堰	寶管中心	web service	10 分鐘
	三峽、鳶山堰、桃灌、石灌	政府資料開放平台 Data.gov	XML	10 分鐘
即時水位	石門水庫	石管中心 (水位與雨量自動蒐集系統)	資料庫資料表	10 分鐘
	上坪堰(寶二水庫)	寶管中心	web service	10 分鐘
水情資訊	石門水庫、寶山+寶二水庫	後端系統填報 (石管中心、寶管中心)	資料庫資料表	每天
清淤資訊	所有測站	後端系統填報 (養護課、石管中心)	資料庫資料表	每天
濁度資訊	石門水庫	石門濁度自動監測系統(保育課)	資料庫資料表	5 分鐘
	寶二水庫	寶管中心	web service	5 分鐘
工程資訊	北水局工程	工程標案管理系統(工程會)	XML	每月
		工程管理系統(北水局)	資料庫資料表	不定期

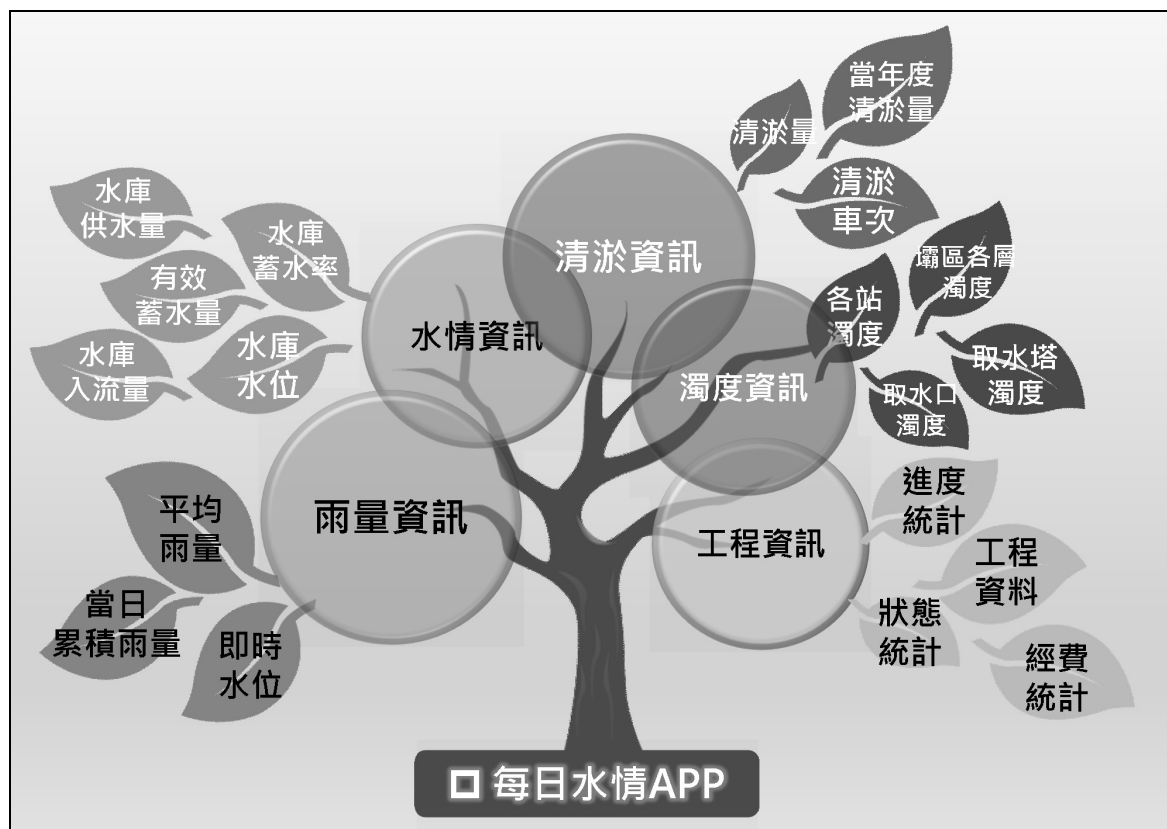


圖 5 每日水情 APP 系統架構圖

雨量，並可掌控部分雨量站之即時水位；水情資訊模組透過單位人員於每日固定時間匯入系統，則可經由此模組進行水庫水位、蓄水量、入流量及供水量等資訊；清淤模組主要用在記錄水庫於低水位時劃分之各區的當日清淤車次、區域清淤量以及當年度清淤量等；濁度資訊模組紀錄各監測站、取水口、取水塔、壩區上中下層的濁度；工程資訊模組依照工程進度、工程狀態、工程經費等條件分類工程，提供資本資料查詢。

(二)雨量資訊

雨量監測資料來源主要介接北水局監測系統即時資料(石門、上坪堰)及政府開放平台-中央氣象局雨量資料(三峽、鳶山堰、桃澗、石澗)，過去負責同仁必須由不同網站查詢石門水庫及上坪堰的即時水位及各雨量站雨量，並投入大量的時間在資料彙整上，才能將資料往上呈報給長官，人工蒐集

彙整資料不僅相當耗時，也讓資料的整體即時性降低。透過每日水情 APP 長官可以點選不同地區頁籤瞭解各區在 10 分鐘、1 小時、3 小時、6 小時、12 小時、24 小時、當日等不同時間之累積雨量，另外，石門水庫及上坪堰之即時水位也可透過雨量資訊模組查看，如此一來，長官即可推算每一次降雨對整個區域用水所造成的效益。

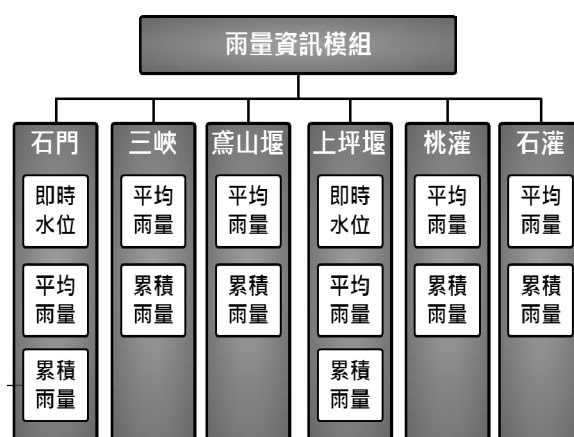


圖 6 雨量資訊模組架構圖

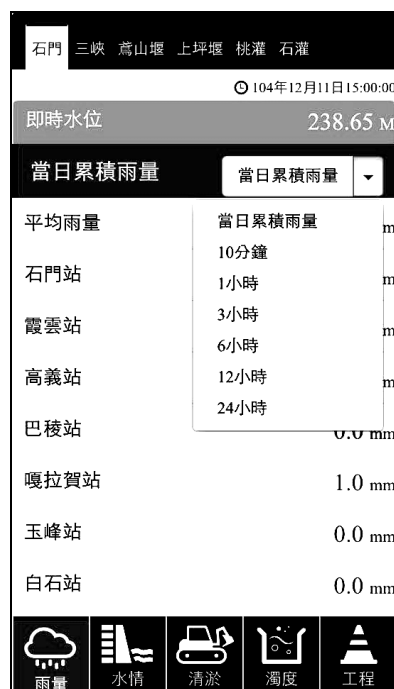


圖 7 雨量資訊模組 APP 畫面

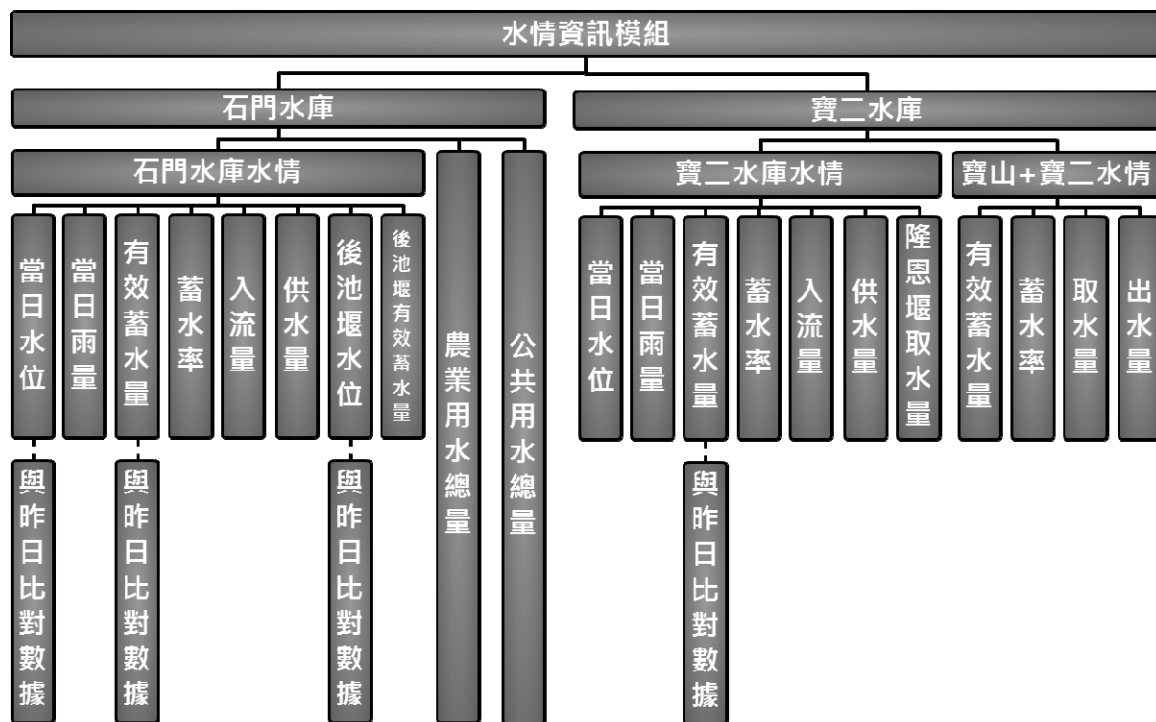


圖 8 水情資訊模組架構圖

返回	104年12月11日
石門水庫	
石門水庫水情	
水位	238.61 公尺 0.14↑
雨量	30.0 mm
有效蓄水量	14,974.30 萬噸 101.96↑
蓄水率	74.41 %
入流量	228.10 萬噸
供水量	145.67 萬噸
後池堰水位	136.17 公尺 1.66↑
後池堰有效蓄水量	349.73 萬噸
雨量 水情 清淤 濁度 工程	

農業用水總量	0.00 萬噸
桃園水利會配水量	0.00 萬噸
石門水利會配水量	0.00 萬噸
公共用水總量 240.22 萬噸	
十二區處配水量	120.15 萬噸
- 三峽河抽水 38.00 萬噸 - 鳶山堰抽水 30.40 萬噸 - 北水處支援 - 石門水庫供水-板新 35.25 萬噸 16.50 萬噸	
二區處配水量	119.46 萬噸
- 石門水庫供水 109.56 萬噸 - 十二區處供水 10.90 萬噸 - 支援新竹三區處 - 桃園水利會支援 0.00 萬噸 1.00 萬噸 - 石門水利會支援	
雨量 水情 清淤 濁度 工程	

圖 9 水情資訊模組 APP 畫面

(三)水情資訊

水情資訊模組主要用在災害來臨時，能夠以最快的速度整合相關資訊，把握黃金時間做出最佳決策。過去當災害來臨時決策者

必須透過負責同仁於每日固定時間以簡訊的方式人工彙整水庫相關資訊，除了作業上的不便之外，更喪失了決策判斷的黃金時間，因此決策者收到的報告及做出的分析往

往不具即時性。故本研究之水情資訊模組透過後端填報系統輸入基本資料，以及各種用水詳細資訊、比對資訊等，提供長官藉由行動化整合平台於第一時間查看水情資訊。

水情資訊模組分為石門水庫水情資訊及寶二水庫水情資訊，其中分別包含當日水位、雨量、有效蓄水量、蓄水率、入流量、供水量等資訊，水位及蓄水量部分亦提供比對資訊，與昨日同期做比對，另外，寶二水庫之詳細資料中，包含寶山及寶二水庫加總資訊，可瞭解寶山水庫目前的相關水情狀況。

況。

(四)清淤資訊

水庫可能因暴雨沖刷、颱風等自然因素，造成土石於水庫淤積速度快速成長，為逐步減緩水庫淤積狀況，以利延續水庫使用壽命，石門水庫每年編列預算於水庫集水區清淤作業，以機械動力清淤、抽泥浚渫、沉澱池土方清運做為三種清淤的主要方式，為有效紀錄每次清淤作業實際清淤量，本研究規劃清淤資訊模組配合後端填報系統，並整合相關資訊以利查看清淤作業進度。

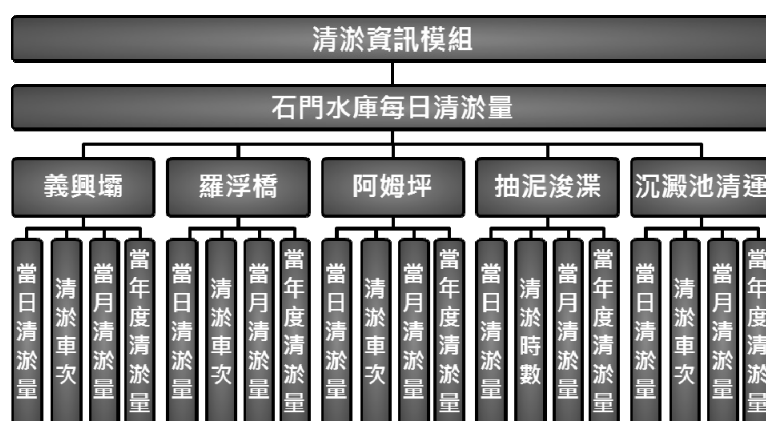


圖 10 清淤資訊模組架構圖

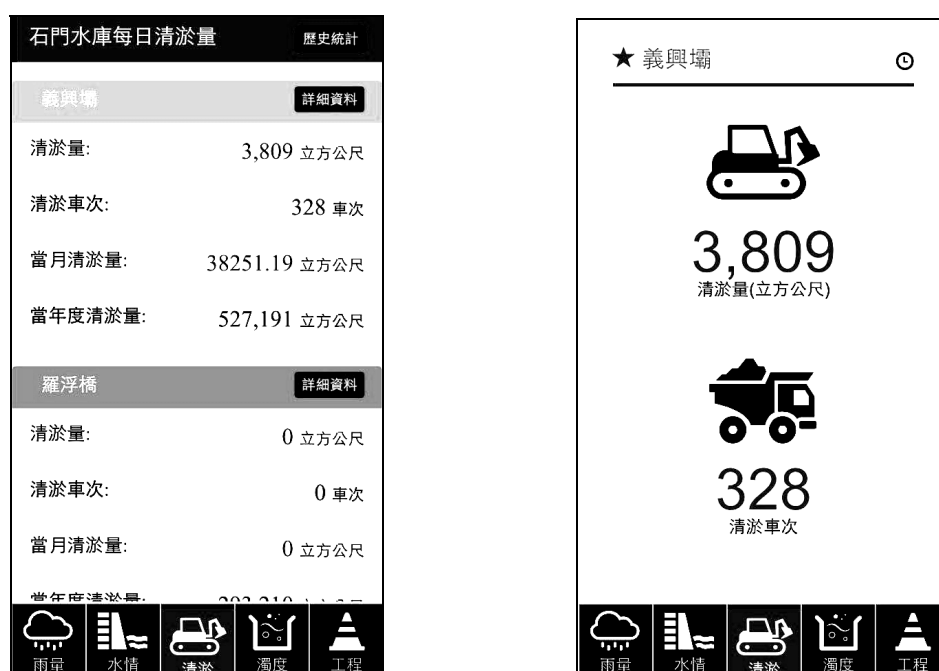


圖 11 清淤資訊模組 APP 畫面

清淤資訊模組依據石門水庫劃設之清淤區位，以簡單、清楚的頁面分別記錄各區當日清淤量、清淤車次、當月累積清淤量及當年度累積清淤量，透過每日水情 APP 清淤資訊模組，長官可清楚掌握該年度總清淤量狀況，並隨時監控水庫清淤作業進度。

(五)濁度資訊

水質濁度表示光入射水體時被散射的程度，濁度的來源包括黏粒、粉粒、細微有機物、浮游生物及微生物等，水質濁度常因颱風來襲而在短時間內飆高，水質濁度一旦提高，恐會干擾淨水處理的消毒作用，嚴重時則影響自來水公司無法正常供水。

每日水情 APP 濁度資訊模組，介接石門濁度自動監測系統及寶管中心 web service 資料，每 5 分鐘提供石門水庫及寶二水庫不同位置之濁度資訊，石門水庫濁度資訊又分上游、庫區、下游三階段顯示，其中又分壩區上層、中層、下層、底層及取水口等。透過

濁度資訊模組長官能即可在第一時間瞭解目前水質濁度狀況。

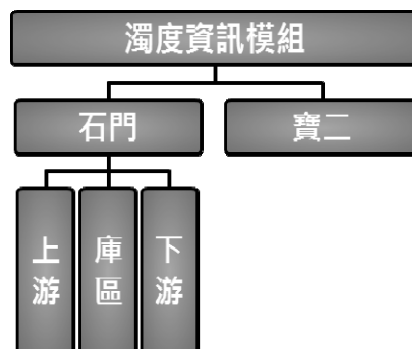


圖 12 濁度資訊模組架構圖

(六)工程資訊

北水源局每年皆會執行石門水庫及集水區整治的相關工程，以往工程資訊需透過標案管理系統，才能查詢工程資訊。本研究設計工程資訊模組，介接監造系統及工程會資料，將北水局所執行的工程彙整至應用程式中，並依工程執行進度、執行狀態及經費統計分類，長官可藉由工程資訊模組，清楚掌握所有工程的基本資料及執行狀況。

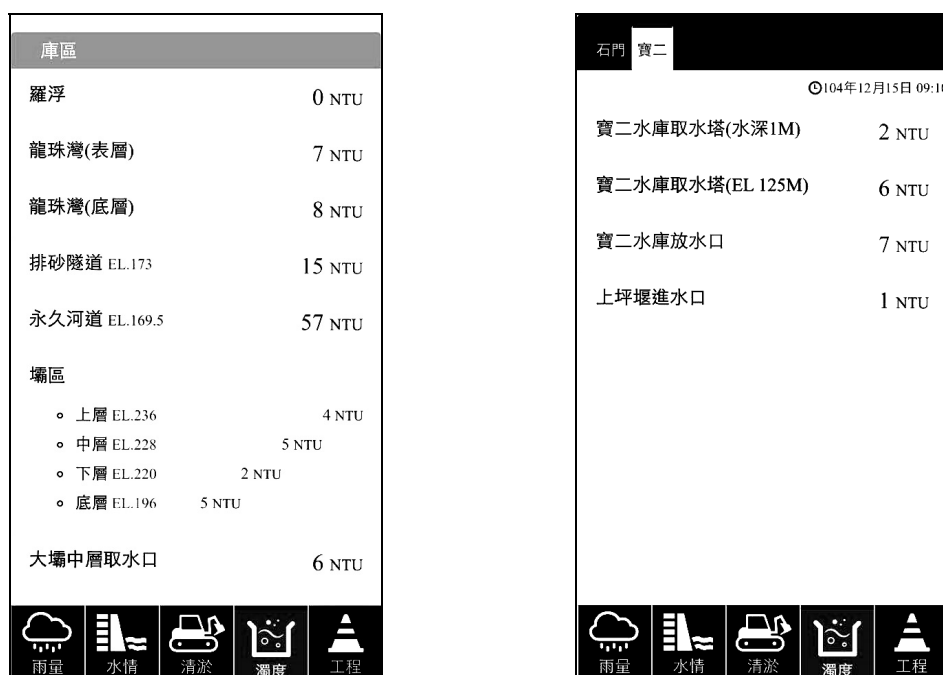


圖 13 濁度資訊模組 APP 畫面

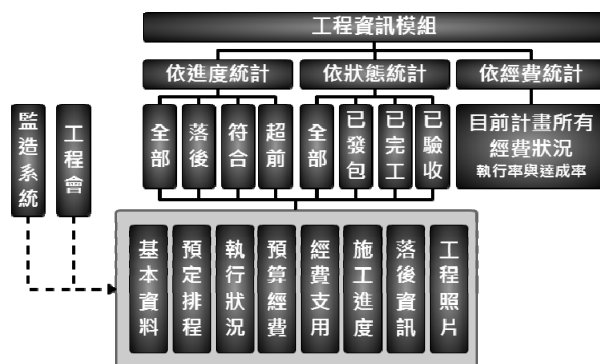


圖 14 工程資訊模組系統架構



圖 15 工程資訊模組 APP 畫面

五、結論與建議

面對全球暖化氣候快速變遷時代來臨，災害因應與支援決策系統成為目前政府首當其衝需正視的議題，本研究利用最新行動化技術，將水資源即時資訊包含雨量資訊、水情資訊、清淤資訊、濁度資訊及工程資訊等彙整於智慧型手持式裝置應用程式，決策者可避免過去受到地點及設備之限制，於第一時間獲得最新資訊作為決策參考依據，並做出具即時性之最佳決策。未來每日水情 APP 規劃結合北區水資源局 CCTV 自動化監測影像，將即時監測影像資訊納入應用程式中，提供決策者能透過應用程式查看即時監測影像，以利進行災前影像評估、災中即時水情估算及災後影像調查等，將暴雨或洪災可能對轄區內居民帶來的負面效益降到最低。

每日水情 APP 將水資源資訊管理整合於智慧型手持式裝置為國內首例，目前北區水資源使用本應用程式已有半年以上時間，過去當災害發生時，同仁僅能藉由簡訊、郵件、電話等方式做單一對象之訊息傳遞，現在同仁透過使用每日水情 APP，除在災害來臨時可掌握轄區內即時水情、雨量狀況外，亦能將資訊同時間傳遞給不同對象，有效增加訊息傳輸的廣度。另外，工程資訊模組的建立與使用，除了讓主管能更輕易查詢各工程經費等基本資料外，更能確實地掌控工程施工進度，並落實稽催落後進度工程作業，大幅提升轄區內各工程施工效率。

參考文獻

1. 經濟部水利署北區水資源局，水資源經營管理平台建置計畫，(2015)。
2. 經濟部水利署北區水資源局網站
<http://www.wranb.gov.tw/>。
3. 朱吟晨、林士堯、朱容練、劉俊志、陳永明，國家災害防救科技中心，2015年乾旱事件分析。

作者簡介

陳肇成先生

現職：經濟部水利署總工程司

專長：水資源規劃與管理

王國樑先生

現職：經濟部水利署保育事業組組長

專長：水資源規劃、設計及管理

蔡秉儒先生

現職：北區水資源局計畫課課長

專長：水資源規劃及隧道工程

王正遠先生

現職：北區水資源局計畫課副工程司

專長：水資源資訊系統規劃、設計、維護管理

鋼骨繞線式集水管之伏流水取水工程探討

文/劉維民、洪志雄、劉奇峯

摘要

為因應每年汛期高屏溪攔河堰原水濁度急速升高，常達數萬 NTU，超出台灣自來水公司（以下簡稱台水公司）淨水場可處理極限。為此，台水公司規劃於高屏溪河床下埋設不銹鋼材質鋼骨繞線式集水管，汲取河床下經滲濾後之低濁度伏流水源，藉以提升淨水場之處理效能並增進大高雄地區供水穩定，兼具枯水期應急取水之附帶功能。

竹寮集水管自 104 年 1 月 12 日啟用迄今，汲水水質排除初期抽水泵浦試車及水量調整擾動外，其濁度均小於 10 NTU。續對照同年 5 月 25 日梅雨鋒面來襲，高屏溪水質濁度飆高 2.5 萬 NTU 期間，當日竹寮集水管汲水量 14 萬 CMD，其水質濁度約為 25 NTU，顯見本設施工程於降低原水濁度極具成效，亦可大幅降低淨水場處理加藥與污泥產出量，並且增進淨水場之供水穩定。

本研究以「高雄地區增設伏流水工程～竹寮集水管」為例，透過埋設不銹鋼材質鋼骨繞線式集水管汲取 10 萬 CMD 設計量之伏流水源，納入備援系統，解決每年暴雨期間淨水場之處理效能降低，以及高雄地區汛期缺水問題，維持大高雄地區供水穩定度。續佐以設計考量、施工與初步成果，闡述鋼骨繞線式集水管伏流水工程之相關施設原則，作為台水公司後續取水設施之施工及未來伏流水源取水工程設計參考。

關鍵字：鋼骨繞線式集水管、伏流水、高濁度

一、前言

近年來每逢暴雨降臨，高屏溪攔河堰原水濁度則急遽升高，不易處理，約須經 1 個月以上原水濁度才會逐漸降低回復正常。高屏溪前經民國 98 年莫拉克颱風及八八水災侵襲後，土石滿佈於河床上，只要下大雨原水濁度立即驟增，常致位於下游取水之台水公司坪頂等淨水場須減量出水因應，造成無法正常出水之窘境，進而影響大高雄地區之民生用水。為此，台水公司為配合經濟部水利署因應南部地區傳統水資源開發計畫受阻、颱風時期供水水質渾濁、水資源調度困難及供水可能發生之狀況，遂於民國 99 年規劃「高雄地區增設地下水及伏流水工程執行計畫書」，計劃於高雄市大樹區竹寮取水站及大寮區翁公園淨水場增設集水管，冀期於汛期汲取高屏溪低濁度、較潔淨之伏流水，做為備援水源，以增進高雄地區高濁度期間之供水穩定。

有鑑於高屏溪攔河堰每年颱風期間，原水濁度急速升高，台水公司所屬坪頂、翁公園及拷潭等淨水場所能取得之表面原水濁度，已超出淨水場正常出水可處理之限度（500 NTU），必須減量出水甚至停廠清理。惟如台水公司於攔河堰下游臨近高屏溪之淨水場連接河床佈設集水管取水，便可於汛期河川水量豐沛時，截取經沉積層過濾、沉澱、吸附或生物降解後初步淨化之低濁度伏流水源，同時發揮獲取較佳水質之功能及有效利用豐水期餘水。續藉由既設之導水管網送至各淨水場站，對於改善颱風期間之高屏

溪攔河堰原水供應系統之高濁度、淨水場處理負荷以及供水穩定度提升等問題有很大助益，且不影響該區域之地下水之蓄存量，是為最佳解決方案。

二、工程背景及設計考量

(一)伏流水源取水型式回顧

伏流水源多潛藏於傍河(riverbank)區域及部分河段下方，蘊含相當出水之勢能。由於其取水構造多建造於地(水)面下，取水受地表污染之風險較低，且結構設施對於周遭環境之衝擊亦低。根據伏流水源之特性，現行之取水型式概分有寬口井、輻射井、集水廊道及水平式集水管等四種設施，其汲水原理不外乎將取水設施設置於傍河區域或河道下方非飽和含水層中，利用物理截留方式過濾取得伏流水源。其中，寬口井主要係汲取河岸滲透或淺層之地下水源，具有構造簡單、出水量穩定及施工方便等優點；輻射井設置區域與寬口井相同，可透過數支不同高程或口徑之井篩汲取水源，施工技術較高；集水廊道則是設置於河床下含水層中之地下堰堤或多孔之結構物，與水平式集水管相同，皆可藉由回填濾層過濾取水，不同的是進(濾)水之方向較受侷限。而水平式集水管於施設上較具彈性，且近年利用具撓性、開孔率高之骨架繞線式管材替代傳統之鋼筋混凝土管，在操作上更具彈性與穩定性，使用壽命亦可延長。

(二)竹寮取水站水文環境

竹寮取水站設立於 1911 年，舊名為「打狗水道唧筒室」已列為三級古蹟，位於高雄市大樹區台 29 線公路旁。該站甫於 2010 年 5 月完成既有水平伏流管(約 300 m 長)之清淤

維護工作，目前伏流水取水量約 0.9 萬 CMD (最大估計可取 5 萬 CMD)，另 10 口水井可供應 5 萬 CMD 左右，兩者均由站內原水沉澱池混合後，抽送至坪頂淨水場處理。依據文獻 [台灣省建設廳地下水工程處行屏東平原之地下水勘查工作，1961] 記載，本地區地下水係由東向西流向高屏溪，並由北向南流向海。值得特別注意的是，高屏溪之高屏大橋至嶺口段區域，其地下水流向為由東及東北往高屏溪流動。

再者，集水管理設位置應選擇滲透性良好之砂、礫石層，不得埋設於黏土層，以避免影響取水量。另需考量埋設位置避開冲刷深度影響，以免集水管遭受洪流冲刷破壞。一般而言，河床之冲刷現象，受河水流速、亂流、渦流與河床地質等交互作用，本計畫採用 Lacey 公式推估各重現期洪峰流量之河床冲刷深度。參酌民國 99 年 2 月水利署『高屏溪流域整體治理規劃』成果報告，其中計畫流量以莫拉克颱風後(控制站為高屏溪九曲堂)分析高屏溪各重現期距計畫流量結果，推算得到莫拉克颱風後高屏溪位於竹仔寮處之 Q200 年重現期距之冲刷深度為 9.416 m，故集水管之埋深至少須低於主深槽下 9.5 m。是以河床主深槽高程約 EL+14 m，則集水管頂部埋設高程約為 EL+4.5 m，集水管理設高程如圖 1 所示。

(三)基本設計理念

本工程主要之設計理念為：1.因應高屏溪攔河堰汛期高濁度時取水，確保河防安全及取水機能；2.汲取潔淨及充足之水源，以符合備援需求；3.符合現地條件，降低環境及生態衝擊；4.構造設施簡化，便於施工、操作維護兼顧經濟安全；5.避免徵用私地，

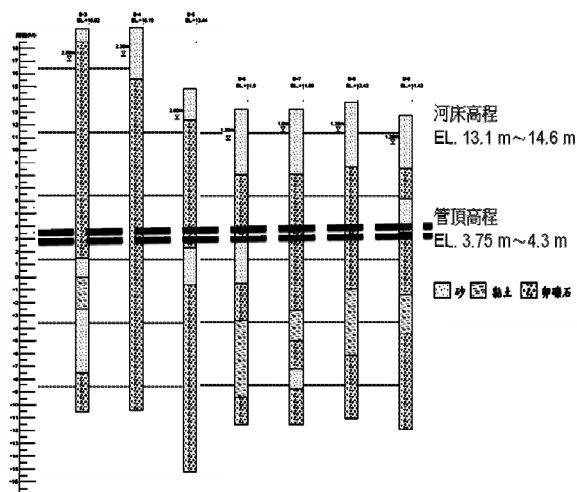


圖 1 河床高程與集水管管頂高程示意圖

減少住民阻擾及抗爭。此外，集水管設計原則除考慮施設地區之土質、地形、水流方向及透水係數等相關資料外，最重要需檢討並改正過去集水管設施失敗之因素，以為設計之依據。經查台水公司前為因應高雄地區用水需求增加，陸續於高屏溪沿岸設置林園、昭明、會結、翁公園、九曲堂以及竹寮等 6 處伏流水取水站。其中翁公園取水站之集水設施遭賀伯颱風沖毀無法取水，另林園及昭明站亦因水質鹽化問題廢棄外，其餘會結、九曲堂及竹寮等三站取水量亦驟減，究其原因取水量除正常衰減外，其可能因素與改善對策說明如後：

1. 集水管（暗渠）埋設深度不足

有鑑於以往集水管埋設為節省經費，大部分深度不超過 6 m（除會結較深為 10 m），致常遭洪水沖損。倘若增加管線之埋設深度，除開挖面斷面加深外，伴隨著深開挖管溝之地下水位不易抽降，致使施工之困難度及工程費用亦增加；除此，管材因埋深承受較高之覆土與側向土壓力，因此必須通過相當之抗壓試驗方得使用。因此本工程集水管以埋設深度管頂達河床冲刷深度（9.5 m）之

下，以避免遭洪水侵襲沖損。

2. 聯絡井之設置

以往集水管（渠）每隔約 100 公尺即設有聯絡井供檢修使用，此一設施暴露之缺點為其聯絡豎井矗立至河床上面，暴雨時易遭洪水沖損，連帶土石侵滲進入管渠內部，導致無法清理維修。為此，本工程不設聯絡豎井，另改於管末端設快速接頭封板，以供後續操作之檢修使用。

3. 集水管濾孔阻塞問題

傳統混凝土管或鋼管銑孔之集水管為維持其結構強度，通水面積僅為 2% 以下，致使通水效率較低。本工程採用之鋼骨繞線式集水管，除增加通水面積達 28% 以上外，且其滲水開孔採用倒 V 型設計，將可有效降低濾孔阻塞的問題。

4. 集水管（渠）之接合過短

以往鋼筋混凝土集水管或暗渠之接頭多採承插或榫接方式銜接，因接合處過短，當各節塊間稍有差異沉陷，即可能造成節塊脫落。亦可能因地層不均勻沉陷或其他外力因素（如維修孔遭颱風沖毀），使得集水管接合位置產生孔隙或脫落，進而造成泥砂湧入管渠內部，造成集水管線阻塞。本工程為減少管線銜接處數，每支管長訂定為 8~9 m（混凝土管或 U 型渠道每節長度約僅為 2.5 m），另改採以螺栓鎖緊之快速接頭，具撓度且不易產生孔隙或脫落，可以改善接頭脫落或洪水沖損造成管內淤塞等問題。

5. 集水管（暗渠）佈設

以往集水管渠佈設大部份採單一直線形佈設，約 150~200 m 設聯絡井，此種方式缺點為：倘線上任何一點出問題，則整段集水管渠便無法發揮取水功能，必須整段停用

直至修復為止，風險過大。本工程不採單一直線佈設，改採集水量最有利之樹枝形狀佈設，每段集水管以不超過 200 m 為原則，利於維修及穩定出水。另為使整條集水管能均勻汲水，集水管之埋設坡度應水平或儘量平緩，避免坡度太大，下游端挖掘深度增加，而增加甚多工程費用，故取河床地勢高程差小於 1.5 m 以內之區域佈設。

(四)集水管路線規劃

依據地質鑽探結果顯示，工程範圍河床下之地質均具良好之透水性，集水管路徑規劃則以埋設深度、計畫取水量、河床冲刷之影響深度、施工安全與可行性以及現場環境等條件為重點。集水管路線採由竹寮抽水站直接朝河床埋設取水管線，其中，場站內抽水井至河床之導水管線以推進方式埋設，而集水管佈設則經與導水管河床末端銜接後，往上游 50 m 處佈設一段長約 400 m 略平行於水流方向（由北向南），另每隔 100 m 分一段約 200 m 之分歧管共 4 段，略與水流方向成 45 度如圖 2 所示，合計 1,250 公尺。

三、管材製造、埋設及初步成果說明

(一)鋼骨繞線式管材製造



圖 2 竹寮取水站集水管埋設路線圖

鋼筋混凝土製品之集水管因其開孔率低，且孔口易於堵塞，又屬鋼性管，常因地層不均勻沉陷，造成接頭處容易斷裂，目前已很少使用。本工程採用國外通用之不銹鋼材質骨架繞線式集水管，因其管身具撓度且其開口率皆優於傳統鋼筋混凝土管，係台水公司首次採用之大口徑不銹鋼骨架繞線式管材。管材製造主要工項，先取不銹鋼盤元經由抽細及輾匝加工，製作成線型鋼骨及螺旋狀之梯形斷面捲線，續依設計之間隙及管型進行焊接、組立成型。本件集水管材係首宗由國內廠商自行加工產製之不銹鋼材質、大口徑骨架繞線式管材，其加工材料及管材成品均符合規範之拉伸率以及外壓試驗等檢驗，管材成品如圖 3 所示。另為便於集水管線於河床管溝下之銜接作業，以及改善以往鋼筋混凝土管銜接處易斷裂之缺點。集水管採用同為不銹鋼材質 Ω 型螺栓鎖緊之快速接頭，除可避免爾後不均勻沉陷接頭斷裂問題，並得於枯水期間水中施工縮短行水區之施工時間。

(二)集水管埋設及濾層回填

參照自來水協會民國 84 年 12 月編撰《自來水設備工程設施標準解說》及日本水道協



圖 3 不銹鋼材質之鋼骨繞線式管材照片

會《水道施設設計指針》(2012 年)規範，集水管埋設後應由內而外填充各 50 cm 以上之卵石層、石子層及粗砂層至原地面高，粗砂層之顆粒級配應配合地層選定。在此，集水管可視同深井，其周圍須有礫石圈以擴大進水面積、減低流速以免砂粒流入管中。濾料粒徑視含水層砂樣粒徑而定。一般分 3 層回填，集水暗渠內圍第一層粒徑較粗，其外第二、三層粒徑漸細。每層厚度應在 50 cm 以上，其上再覆以河床原砂回填至原來河床高度。由於本工程集水管 V 型捲線其淨距為 1.5 mm，故管外礫石層可直接由內側往外側分填每層厚度 50cm 之大礫石（粒徑 37.5～50 mm），中礫石（25～37.5 mm），小礫石（19～25 mm）礫石層共三層之石子層環繞，最外再其上再覆以太空包內填裝河床原砂，以符規範要求。管溝回填礫石層詳如圖 4 集水管橫斷面圖所示。

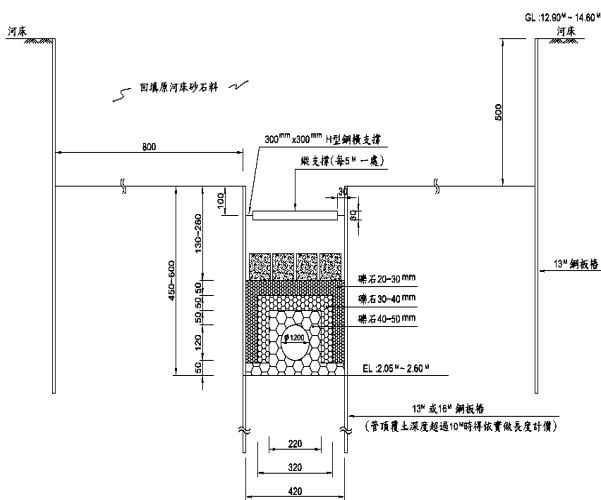


圖 4 集水管橫斷面及管溝回填礫石層圖

集水管之埋設係由承商於施工前會同監造人員就集水管路線各轉點、分支點與管末端點進行 GPS 衛星定位標示以及高程測量，並經設計單位認可後施工。管溝土方開

挖設計採分段分層開挖，第一階段先於埋管中心兩側 10.1 m 處打外層鋼板樁，開挖至 5 m 後再於埋管中心兩側 2.1 m 處打內層鋼板樁，並於內外層鋼板樁間點井以降低地下水位。繼之，第二階段往下開挖 1 公尺或適當深度時應加橫撐，並維持地下水位經常在橫撐以下再進行開挖，橫撐以下至管溝預定深度部份，可採用水中施工法，於水中開挖。溝底經整平鋪設粒徑 37.5 mm～50 mm 小礫石 50 cm 後再安放集水管，並由潛水伏於水中工作完成銜接。集水管安放後，其四周之濾層再依圖說以分層之導槽均勻導入鋪設，濾層鋪設完成後再將分層導槽抽吊拔除，其上再放置就地採砂填充之太空袋，最後回填原河床砂石料至原河床高度後並加以整平。圖 5 為集水管置放管溝完成銜接後之管體內部施工照片。



圖 5 集水管銜接後管體內部照片

(三)初步成果說明與探討

1.集水管出水量計算與伏流水位關係

集水管設計出水量計算，係依《中華民國自來水協會》編撰「自來水設備工程設施標準解說（84 年版）」第五章 取水設備-集

水暗渠一節所列公式計算，竹寮集水管埋設資料如下：

集水管河床平均高程為 EL.14 m

集水管頂高程為 EL.4.5 m

河床至集水管頂深度為 9.5 m

集水管中心高程為 EL.3.9 m

第一層不透水層高程為 EL.0 m

(1) 豐水期河床上有水時(如圖 6)。

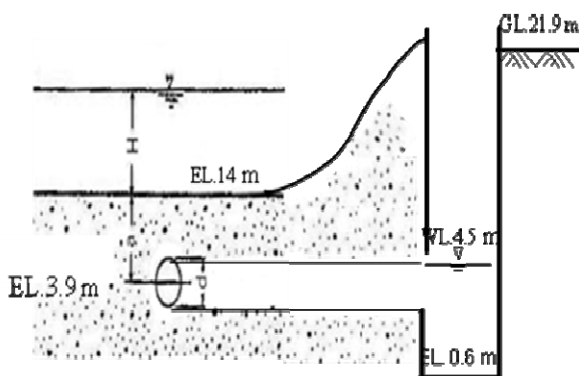


圖 6 豐水期河床上有水示意圖

$$Q = \frac{2\pi K L \left[H + a - \left(\frac{P_o}{W_o} \right) \right]}{2.3 \log_{10} (4 a / d)}$$

式中：

Q：出水量(CMD) = 92,000~140,000 CMD

K：透水係數(m/d) = $5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$ cm/s = 4.32~8.64 m/d

L：集水管長度(m) = 1,250 m

H：河床上水深(m) = 0~5 m (EL.14~19 m)

a：河床至集水管中心深度(m) = 10.1 m

Po：集水管內之水壓 (kg/m²) = 600 kg/m² (水位降至管頂 EL.4.5 m)

Wo：水之單位重(kg/m³) = 1,000 kg/m³

d：集水管直徑(m) = 1.2 m

(2) 枯水期河床上無水，僅有地下伏流水時(如圖 7)。

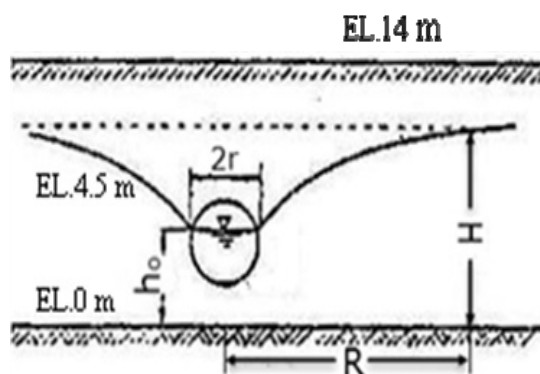


圖 7 枯水期河床上無水示意圖

$$Q = \frac{K L (H^2 - h_o^2)}{R}$$

式中：

Q：出水量(CMD) = 33,000~92,000 CMD

K：透水係數(m/d) = 0.005 cm/s = 4.32 m/d

L：集水管長度(m) = 1,250 m

H：伏流水深度(m) = 14~9 m (伏流水位為河床下 0~5 m)

ho：管中水位至不透水層水深(m) = 4.5 m (水位降至管頂 EL.4.5 m)

R：影響半徑(m) = 10 m

依據竹寮集水管於豐水期水位高於 EL.15 m (河床上 1 m 以上) 設計出水量為 10 萬 CMD，且經測試於河水湍急時河床土質孔隙變大，透水係數(K 值)隨之增大，於水位高於 EL.19 m 時，推估可出水 20 萬 CMD，惟限於原規劃取水量為 10 萬 CMD，抽水井沉水式抽水機採用 400 HP × 20,000 CMD × 85 m 計 6 台 (1 台備用)，經初營運階段起動全部 6 台抽水機測試，最大出水量約為 13.7 萬 CMD；至於枯水期地下水位高於 EL. 9 m 時 (河床下 5 m 以上)，推估出水量至少為 3.3 萬 CMD，其關係詳圖 8。

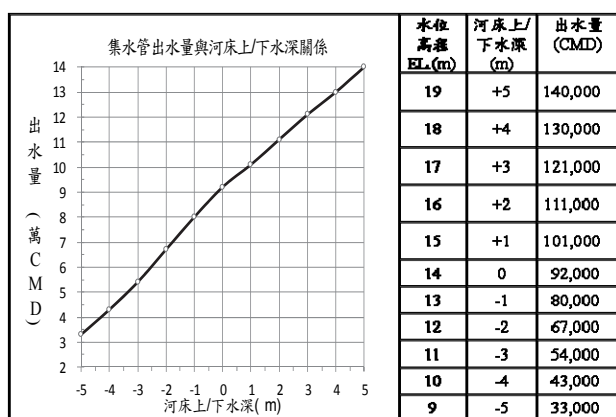


圖 8 集水管出水量與河床上/下水深關係圖

2. 集水管埋設深度探討

集水管之出水量係利用連通管原理，當抽水機降低抽水井內水位時，迫使集水管上方之地面或地下水有較大之水位差流入抽水井，水位差越大則出水量越多。故如集水管埋管深度降低，抽水機則須提高揚程，使抽水井內水位降至管頂，可有較大之水位差，否則並無法獲得較多之出水量。經查國外埋管深度，大部分介於 4~8 m，本工程埋設深度為 9.5 m，係依莫拉克颱風後高屏溪流量計算河床冲刷深度埋設。經分析於竹寮處高屏溪 Q200 年重現期距洪水冲刷深度分別為 9.416 m，且竹寮地區於 EL.0 m（管下方 3.3 m）附近有黏土層，亦不適合降深，故埋設深度訂為最低河床下 9.5 m，以免遭受洪水冲刷破壞。至於加深埋設可增加之出水量部分，以竹寮集水管為例，埋管深度降低 1 m，枯水期約可增加出水 5,000 CMD，惟埋設深度超過 10 m 時，其管溝開挖之擋土支撐及地下水位抽降相對困難，易造成管溝開挖施工上之風險且不經濟，故一般仍採集水管埋深 9.5 m 以下。惟如仍有被冲刷之虞，可於集水管上方加石籠保護，或加長集

水管長度，以增加集水面積為宜。訂定時，應特別重視。

3. 預期使用情形及其效益分析

本工程完成後，於汛期（地面水位 WL.15 m 以上）濁水經地層過濾後，濁度將大為降低，可增加出水量 10 萬 CMD，並可提高淨水場處理效能，有助於高雄地區供水穩定及緩和汛期缺水問題之產生。就竹寮集水管完工後豐、枯期取水量、降低濁度效果及其工程效益分別分析以下。

(1) 豐、枯期取水量

本工程豐水期高濁度時之取水量，經於 104 年 5 月 25 日梅雨鋒面來臨，集水管河床上有地面水時，其取水量均達本設計目標值 10 萬 CMD。至於枯水期取水量因非屬原設計為降低原水濁度為目的，故原設計並未設目標量，僅參考水利署統計資料顯示高屏溪豐枯水期水位差約為 5 m 以內，以其最低水位為河床下 5 m 以上估算，枯水期取水量應有為 3.3 萬 CMD。

(2) 降低原水濁度效果

竹寮集水管於 104 年 1 月 12 日啟用後，除於抽水機試水初期或取水量調配大幅變動時，擾動施工時管內沉泥，則其濁度均小於 10 NTU，最低於 8 月 10 日達 0.2 NTU，已遠低於環保署訂定之「飲用水水質標準」之 2 NTU，並符合台水公司淨水場清水之濁度內控值 0.5 NTU。另於 5 月 25 日梅雨季來臨後，高屏溪堰前流量爆增至 8,000 CMS 時，河道原水濁度為 2.5 萬 NTU，而當日集水管取水量為 14 萬 CMD，其濁度僅為 25 NTU，換算去除率為 99.9%。故若以民國 98 年莫拉克颱風洪峰流量為 35,000 CMS，濁度為 7.5

萬 NTU，估算原水經本集水管汲取後其濁度應可降至 75 NTU，屬台水公司淨水場可處理範圍，可見本工程降低濁度效果極為良好。

(3)工程效益

竹寮集水管之工程效益概估，經以其建造成本約 3.2 億元（集水管及土建設備 2.8 億元，機電設備 4 千萬元），並以豐枯水期平均出水 7.5 萬 CMD，不計現有坪頂場之建設等費用，每度出水成本約為 2 元，如以台水公司每度水售價 10 元計，則本工程每年可有盈餘 $(10-2) \times 75,000 \times 365 = 219,000,000$ 元，約運轉 1 年半即可回收本工程之建造費用；另如不計進水後之動力費及淨水處理等費等，僅計算建造費用之利息、折舊費、維護費，年費約僅 2 千萬元，核算為每立方公尺僅為 0.73 元，且無濁度上之問題，可有較高之產水率。依上述分析，本工程已超出原設計預期使用情形及其效益目標，將可大幅降低台水公司淨水場淨、廢水處理藥品加藥量及污泥產生量，減輕淨水場出水成本。

四、結語

竹寮集水管工程原設計目的，係為因應每年汛期高屏溪攔河堰原水濁度急速升高達數萬 NTU，超出既有淨水場可處理負荷等問題。為此，台水公司於高屏溪竹寮抽水站所在位址之高屏溪河床下施設新型鋼骨繞線式集水管計長 1,250 公尺，汲取 10 萬 CMD 經河床滲濾後之低濁度伏流水源，以增加出水量 10 萬 CMD 為目標，納入水源備援系統。經 104 年 5 月底梅雨鋒面高屏溪高濁度原水測試後，其出水量及降低原水濁度之效用均達預期目標，對於解決每年暴雨期間台水公司坪頂等淨水場之處理效能提升有極

大助益，除可降低高雄地區汛期缺水問題，同時增進大高雄地區供水之穩定。至於，枯水期取水量僅屬本工程附帶功能，因其取水量須視當年地下伏流水位高度而定，原評估僅就歷年平均地下伏流水位所推估，惟於近年氣候受聖嬰現象影響，於枯水年正值需要地下伏流水備援時，地下伏流水位必然同時驟降，致使取水未臻預期數量，其水源於枯水年並不具穩定性，因此若能如目前水利署所提同時開發人工湖、水庫、鑿井或搭配伏流水等多元開發水源方為正道。

參考文獻

- 1.中國農村復興聯合委員會台灣省建設廳地下水工程處行屏東平原之地下水勘查工作，1970。
- 2.自來水協會「自來水設備工程設施標準解說」，1995。
- 3.日本水道協會，水道施設設計指針，2012。

作者簡介

劉維民先生

現職：台灣自來水公司南區工程處處長

專長：自來水工程規劃設計及施工管理、土木工程、企業經營管理

洪志雄先生

現職：台灣自來水公司南區工程處工程師兼主任

專長：環境工程、土壤地下水污染整治、職業安全衛生管理

劉奇峯先生

現職：台灣自來水公司南區工程處工程師

專長：自來水工程規劃設計及施工管理、土木工程

板新地區供水改善二期工程計畫執行現況與展望

文/徐俊雄、李嘉榮

摘要

為解決板新地區中、長期用水需求，同時因應新店溪水源供應台北市、新北市，而大漢溪水源供應桃園地區之政策目標，提供用戶更安全、安心及永續之用水環境，且基於 93 年發生艾利颱風造成桃園地區缺水事件，經濟部研議備用水源及備援系統之規劃，並能提升供水系統備援備載之能力，降低供水風險。板新地區供水改善計畫涵跨原水、淨水、輸配水及配水池加壓站等，輸水能力達每日 101 萬立方公尺。本文將針對台灣自來水公司執行本工程計畫之目標、內容、經費、期程及效益作概括性之介紹。

關鍵字：板新地區、水量調度、光復加壓站、新店溪水源

一、前言

「板新地區供水改善計畫」為大台北地區重要水源調配方案，係將新店溪水源經台北自來水事業處(以下簡稱北水處)處理後之清水，透過跨越新店溪之聯通管路，供應板新地區。行政院核定將計畫分二期，一期工程主要為改善臺灣自來水公司(以下簡稱台水公司)與北水處兩供水系統現有銜接支援點與下游之輸配水管線設施及增建直潭第五座淨水場，已於 93 年 7 月完成試通水作業；一期工程計畫目標可增加調度新店溪平均每日約 53 萬立方公尺水源量，供應板新地區。近年來，氣候遽變，豐水期與枯水期之分別特別明顯，且降水或颱風來襲時之暴雨強度增大，加上水源集水區之水土保持欠

佳，山區土石鬆軟，在暴雨侵襲下即造成土石流及地表沖刷，導致濁度大幅增加，使淨水處理發生嚴重困難。例如民國 93 年艾莉颱風侵襲北部地區，因大漢溪上游帶入大量土石，使原水濁度高達數萬度，造成桃園地區長達 16 天的缺水，民國 94 年夏季數個颱風也因原水濁度飆高造成板新、桃園及高雄等地區淨水處理困難而導致缺水。這些天災所造成無法穩定供水之事件，自來水事業皆引為殷鑑。

此外，有鑑於新北市民對共飲翡翠水之需求殷切，板新二期計畫因應而生，計劃調配區域間水源，運用新店溪水源替代大漢溪水源開發，將板新地區劃由新店溪水源供水，而現有板新淨水場之大漢溪水源則調度供應桃園地區，北水處供應台水公司新北市板新地區之水量，將由目前每日最大 53 萬立方公尺增加至每日最大 101 萬立方公尺。

本「二期工程」為因應輸水量之增加，北水處辦理興建第二原水引水設施、興建直潭淨水場第六座淨水處理設備(每日 70 萬立方公尺)及送配水工程，台水公司辦理主要為加壓站工程及送配水工程。

二、一期工程供水情形

「板新地區供水改善計畫」一期工程主要功能為改善北水處及台水公司板新地區既有支援系統及其自來水聯通管路，以具備新店溪水源穩定調度供應板新地區平均日 53 萬立方公尺之自來水量。一期工程於民

國 90 年 3 月核定實施，計畫期程自民國 90 年至 92 年，其主要工程包括淨水工程、加壓站及配水工程、送配水工程。該工程實施至 91 年 9 月底時，北水處及台水公司考慮計畫執行上遭遇管線埋設不易…等之困難，乃檢討相關工程內容及其急迫性，於 91 年 10 月提報「板新地區供水改善計畫第一期工程修正計畫」，並於 92 年 2 月奉行政院核准原則予以同意修正計畫。一期工程修正後工期不變，仍依原訂計畫於 92 年底完成，以不影響原計畫出水目標為原則。一期工程之三處支援點通水測試最大瞬間支援水量合計為每日 54.6 萬立方公尺，初步達到原規劃平均日取水量 53 萬立方公尺之目標。一期工程完成後，八里、三重、中和、五股、泰山、蘆洲、新莊(部分)、板橋(部分)、土城(部分)等供水區，可由新店溪水源供應每日 53 萬立方公尺，其供水區人口為 130 萬人，其餘地區則由大漢溪水源供應充足水量。

台水公司為利水資源有效利用及調配，板新一期工程完成後板新地區之水源供應，業經水利署北區水資源局研商會議討論並獲致共識，原則上優先取用三峽河及鳶山堰側流量，若不足再取用北水處支援水量最高達每日 53 萬立方公尺，若再有不足時再由石門水庫供水。

三、二期計畫必要性

二期工程係屬一期工程之延續計畫，增供輸配水量係依一期工程完成後之供水情形，並配合備援水量規劃，研定調配水量規模，俾符合水源調度目標。大漢溪水源供水

區近年來因產業群聚效應，工商業發展迅速，現有水源已不足以供應其快速成長之用水量。政府為解決未來可能面臨之缺水危機，雖已積極規劃推動大台北地區新水源開發計畫(如坪林水庫、高台水庫、桃園大湖、桃園海淡廠等)，惟因環保、地方人士反對、經濟成本等因素，短期內尚難以推動，而其近、中程用水需求甚為殷切，基於區域水資源整體調度運用理念，評估較符合永續且可行有效之供水策略，期先以增加水源調配基礎建設之硬體設施，透過水源調度供應以解決區域用水問題。

經檢討新店溪水源整體有效之運用及其與大漢溪水源聯合運用之可行性後，咸認為目前新店溪水源有餘裕，尚足以供應台北地區及新北市板新地區，又可將大漢溪水源轉而南調供應桃園、石門地區並支援新竹地區，遂有「板新地區供水改善計畫」之研議，本二期工程計畫書奉行政院 95 年 12 月 29 日院臺經字第 0950059312 號函核定辦理，期程自 96 年至 101 年，工期計 6 年。

四、二期工程供水方案

(一)供需分析

淡水河流域內依地形、地勢及行政區界等因素，自來水供水系統分別隸屬北水處及台水公司。大致可分為新店溪供水區(台北地區，隸屬北水處)、大漢溪供水區(桃園地區，隸屬台水公司二區處)、新店溪與大漢溪共同供水區(板新地區，隸屬台水公司十二區處)及基隆河供水區(基隆地區，隸屬台水公司一區處)等四個供水單元區域。其中新店溪水源由翡翠水庫為樞紐調供台北地區用水，現況

水庫年供水量約 5 億立方公尺，年使用次數約 1.5 次；大漢溪水源則由石門水庫為調度中心，供應板新地區及桃園地區用水，現況水庫年供水量約 8.8 億，年使用次數約 4 次。

二期工程原計畫依據水利署「台灣地區水資源總量管制機制規劃」計畫中行政院經建會之人口推估結果，新店溪水源供應台北地區民國 92 年平均每日 239.6 萬立方公尺，估計至民國 110 年時為需供應平均每日 262 萬立方公尺；大漢溪水源民國 92 年供應板新地區及桃園地區水量平均為每日 178.1 萬立方公尺，估計至民國 110 年時為需供應平均每日 229 萬立方公尺；故該二水系每日合計需求總水量於民國 92 年及 110 年分別為平均每日 417.7 及 491 萬立方公尺。基於淡水河流域之社經發展需要，在新水源開發未及前，供水策略上宜採區域水資源調配因應之，新店溪及大漢溪水源需共同供應大台北地區（台北、板新及桃園地區）用水需求。

因板新供水改善一期計畫係 89 年奉行政院核定辦理，依據當時訂定目標年 110 年板新地區平均日需水量為每日 101 萬立方公尺。其間經濟部水利署曾於民國 98 年「台灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討」、民國 99 年「台灣地區生活用水量統計報告」、「台灣地區工業用水量統計報告」、民國 101 年 11 月「水資源開發利用總量管制策略推動規劃」、民國 102 年元月「新紀元水利施政綱要計畫」及 103 年 5 月「北部區域整體水資源經理策略檢討」報告計畫成果為基礎，更新供水人口、普及率、抄見率、每人每日生活用水量標準與工業用水等資料，重新推估各供水區至民國 130 年用水需

求，其中板新地區目標年民國 110 年趨勢中成長用水需求依經濟部水利署水規所 103 年 5 月《北部區域整體水資源經理策略檢討(定稿版)》由每日 101 萬立方公尺修正降至每日 86.4 萬立方公尺

(二)供水策略

民國 95 至 100 年，因一期工程完工，新店溪水源調度供應板新地區尚有每日 31 萬立方公尺餘裕水量留蓄於石門水庫調供，必要時可南調供應桃園地區。惟現有南調桃園供水管路輸水能力僅每日 10 萬立方公尺，擴建工程已由台水公司規劃「板新大漢溪水源南調桃園(含南北桃連通)工程」，列入「石門水庫及其集水區整治計畫」特別預算辦理。因此，二期工程相關調度工程設施完成，新店溪及大漢溪水源採「共同調度供水」機制聯合操作供水，板新地區民國 110 年需水量平均每日 101 萬立方公尺全額由新店溪水源供應時，原大漢溪供板新地區每日 68 萬立方公尺水源量，即可由石門水庫調蓄，經板新淨水場處理後南調回供桃園地區，舒解桃園缺水問題，改善產業投資環境。

(三)供水方案

實施新店溪和大漢溪水源「共同調度供水」機制供應板新地區為供水方案時，必要之調配硬體設施，需增闢北水處新店溪第二原水引水路及擴建直潭第六座淨水場增加自來水供應量外，在一期計畫平均每日供水 53 萬立方公尺基礎上，再增設水量調度幹管輸配送水量，至少增供 48 萬立方公尺來滿足板新地區之需求，又因現有之供水設備無法送達二期計畫新增之供水區，另需增設置土城、光復、浮洲、新五路等四處加壓設

施及聯通現有管網之管線銜接工程。

(四)修正計畫情形

本二期計畫，迄今計修正 2 次計畫，計畫內容修正涉及台水公司部分，分述如下：

- 1.第一次修正計畫：為避免工程推動影響民眾生活作息、增加工程推動彈性及因應民眾對於供水品質要求越來越高，故對於北水處一清幹線與新設水量調度幹管銜接處改由北水處施作；浮洲加壓站原站址需拆除甚多地上物影響民眾生活甚鉅，改設置於無地上物之國有地；另為減輕埔墘加壓站操作壓力及提升中和、土城地區供水穩定度，增設錦和及清水加壓站暨相關設施。修正計畫書奉行政院 98 年 9 月 28 日院臺經字第 0980060631 號函核定，期程自 96 年至 101 年，工期計 6 年。
- 2.第二次修正計畫：因應環境變遷，光復加壓站用地經新北市都市計畫委員會審議要求北移，北移後用地其上有大量違規堆置之廢棄土未清除，經多次會議研議，光復加壓站改採二階段施作，另檢討水量調度幹管放大管徑及修正埋設於高灘地，為最佳可行方案並確保輸水能力，而瓊林橋至浮洲橋增設管徑為 1,500mm 管線，以降低原利用既有管徑為 1,200mm 管線之水頭損失，確保輸水能力。修正計畫後，本二期計畫分兩階段供水，三峽、鶯歌、樹林、土城高地區及新莊高地區屬板二計畫第二階段供水範圍，其他屬第一階段供水範圍，如圖 1。本計畫第一階段完工後，向北水處取水之供水設備能力仍為每日 72 萬立方公尺，第二階段完工後，向北水處取水之供水設備能力為每日 101 萬立方公尺，維持不變，以滿足未來供水成長需求。

第二次修正計畫，奉行政院 101 年 12 月 14 日院臺經字第 1010078695 號函核定。期程自 96 年至 106 年，工期計 11 年。

- 3.修正計畫第一階段及第二階段供水示意圖分如圖 2、3 所示。

(五)工程經費

二期工程原計畫總工程費 105 億元，其中北水處須執行約 43.5 億元，台水公司須執行約 61.5 億元；第一次修正計畫，調整總工程費為 109.8 億元，其中北水處須執行約 47.7 億元，台水公司須執行約 62.1 億元；第二次修正計畫，調整總工程費為 163.2 億元，其中北水處須執行約 47.7 億元，台水公司須執行約 115.5 億元。

五、二期工程台水公司工程計畫內容及實施情形

第二次修正計畫後，各項工程內容及執行情形分述如下：

(一)第一階段

- 1.加壓站工程：

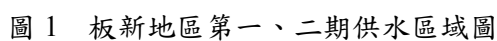
(1)光復抽水加壓站

第一階段工程位於中和及板橋市交界處(近光環路與環河西路三段交叉口)，建置 1100HP 抽水機 5 台(1 台備用)、240HP 抽水機 1 台，6,500 立方公尺抽水前池及抽水機房、電信機房、高壓電力系統，預定 105 年 8 月完成。加壓站施工如圖 4、5。

(2)新五路加壓站

新設新五路加壓站泵水至獅子頭再加壓供水，供水設備能力為每日 4.8 萬立方公尺，設置容量 5,000 噸配水池 1 座，250HP 抽水機 5 部，已於 99 年 9 月 24 日竣工，並於 99 年 10 月 25 日加入營運。

Taiwan Water Corporation Twelfth Branch Bansin Water Area



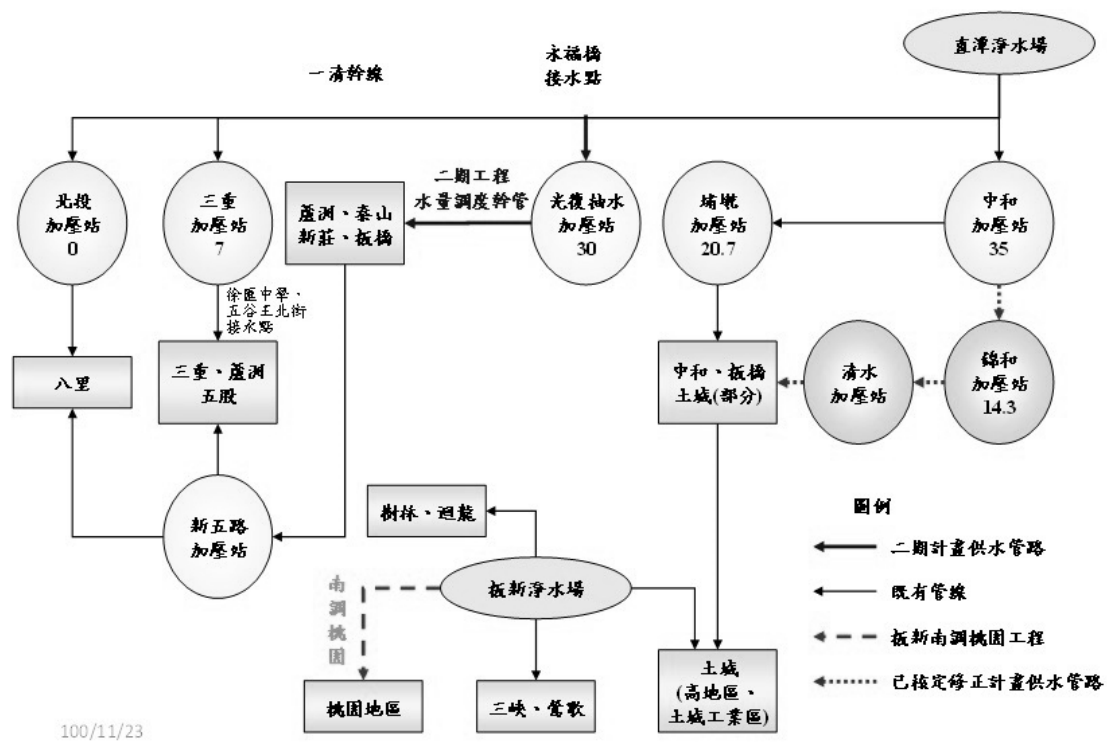


圖 2 板二計畫第一階段供水示意圖

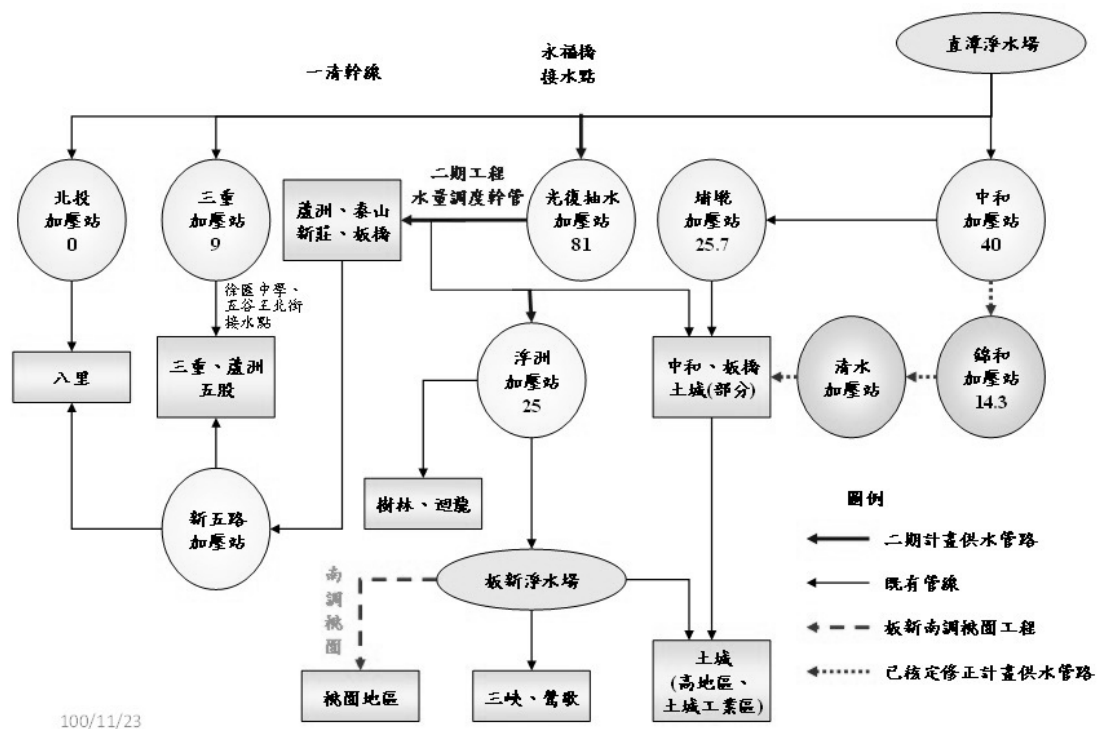


圖 3 板二計畫第二階段供水示意圖

(3)錦和加壓站

位於中和市錦和公園旁之停車場，土地面積約 200 平方公尺，本加壓站擬採管中加壓方式加壓，機電設備為 3 部 550HP 抽水機(1 台備用)及相關附屬設備，並設管線 ϕ 1200mm 長約 1500 公尺，已於 101 年 11 月 20 日竣工，並於 103 年 2 月加入營運。

(4)清水加壓站

位於土城市清水運動公園內，土地面積約 4,455 平方公尺，係採租賃方式向新北市政府承租，工程需設置 1 萬噸配水池 1 座(地下化設施，地面仍恢復原公園運動設施)，6 部 250HP 抽水機(2 台備用)暨相關附屬設備(地上設施)及 ϕ 1200mm 進出管線，預定於 105 年 9 月完成。

2.水量調度幹管工程

新設「水量調度幹管」最大輸水量能力每日 81 萬立方公尺，管徑為 ϕ 2,200mm~ ϕ 2,600mm，於新店溪永福橋銜接北水處清水幹線，埋管路線大多沿新店溪、大漢溪側埋設，少部分配合營建署擴寬道路埋設，至於沿河岸高灘地埋設部份遇障礙處則以推進工法施做。並於中和及板橋市交界處之埔墘地段增設光復抽水加壓站，全線埋管於大漢橋及新海橋附近銜接台水公司現有管路，而後再以深推穿越大漢溪至對岸西盛堤防附近埋管至新莊瓊林橋銜接台水公司現有管線。水量調度幹管全段總長約 12.7 公里，路線示意圖如圖 6。其中永福橋接水點至光復加壓站管長為 4.4 公里、管徑為 2,600 公厘，光復加壓站後管徑為 2,200 公厘、管長為 8.3 公里。施工方式 ϕ 2,200mm 明挖全長約 4.8 公里， ϕ 2,600mm 明挖全長約 1.7 公里， ϕ

2,200mm 推進全長 3.5 公里， ϕ 2,600mm 推進全長 2.7 公里。本項工程 104 年 8 月 8 日遭遇蘇迪勒颱風及 104 年 9 月 28 日遭遇杜鵑颱風，因工區位於高灘地，遭洪水淹沒，工區受損嚴重，造成工期展延，經趕辦已於 105 年 4 月開始試通水，預定 105 年 6 月全線完成通水。水量調度幹管施工如圖 6、7。

3.管線銜接工程

二期工程水量調度幹管最大輸水量能力每日 81 萬立方公尺，考慮供水方向改變後板新地區現有管線及設備供水能力不足以調配未來供水需求，須進行管線銜接工程，以供送配水量。包括蘆洲三民路、新莊民安西路、新莊龍安路、土城金城路、五股成子寮—獅子頭等 5 項供水瓶頸改善工程，分別於 99 年至 101 年間完成施作。

(二)第二階段

1.加壓站工程

(1)光復抽水加壓站

第二階段工程位於中和及板橋市交界處(近光環路與環河西路三段交叉口)，建置地面覆土 1 公尺深之 8 萬立方公尺配水池，同時地面增加景觀綠地以融入當地生活機能，及第一階段抽水機房內增設抽水機 5 台(1 台備用)、及操作控制系統等設施。

(2)浮洲加壓站

浮洲加壓站用地位於板橋市城林橋上游大漢溪左岸地區，設計容量為 2.5 萬立方公尺地下式配水池，上設場區道路及停車場外，並綠美化場區設施以優化都市景觀。加壓站設施採用五部 730HP(其中一部備用)沉水式抽水機及抽水機房、配電室及電力供應室及控制閥類。



圖 4 光復加壓站機房



圖 6 水量調度幹管明挖施工



圖 5 光復加壓站抽水機

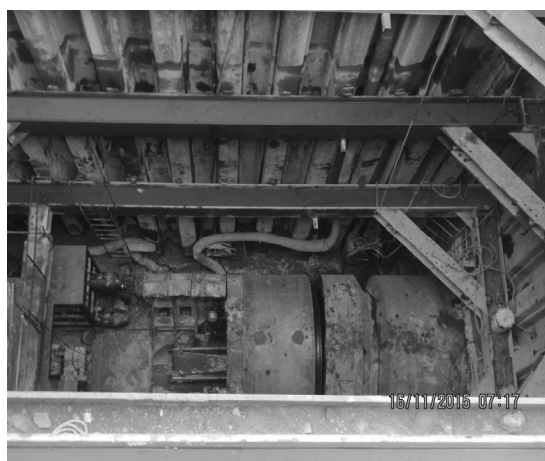


圖 7 水量調度幹管推進施工

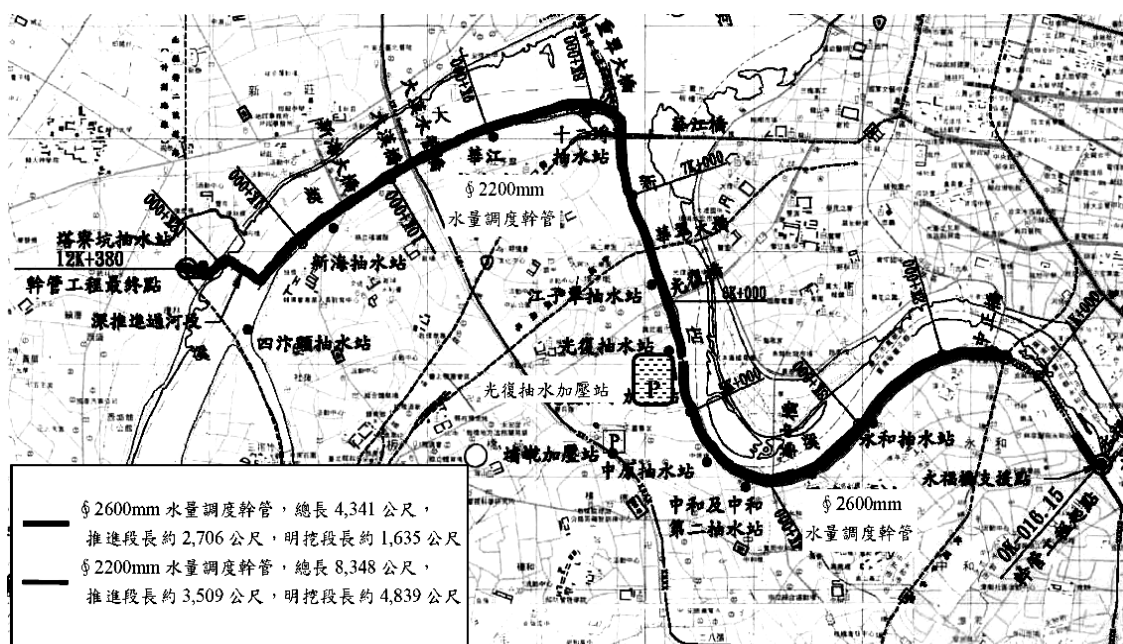


圖 8 水量調度幹管路線示意圖

2.送配水工程

浮洲加壓站進水管線：配合浮洲加壓站位置埋設 $\phi 1,500\text{mm}$ 進水管線，明挖段 2,663 公尺，推進段 147 公尺，合計約 2,810 公尺。

3.瓊林橋至浮洲橋增設 $\phi 1,500\text{mm}$ 管線：

位於大漢溪右岸，瓊林橋至浮洲橋段(板橋端)，送水管長度約 3,400 公尺。

4.第二階段辦理之工程，預定 105 年委外辦理設計，因光復抽水加壓站(第二階段)工程用地廢棄物處理為主要關鍵，台水公司需俟新北市政府將廢棄物清運後，第二階段工程始能動工，預定 105 年辦理第三次修正計畫，期程由 106 年 6 月底展延至 109 年 6 月中。

六、預期效果及影響

(一)預期效果

- 1.本計畫完成後，以靈活調度新店溪及大漢溪流域水源，供應台北市及台北縣板新地區至民國 110 年計畫人口約 630 萬人及其工商業發展用水需求。另就北區整體水資源調度而將原供應板新地區之部分大漢溪水源南調供應桃園地區之用水需求，達成新店溪及大漢溪水源整體有效調度運用。
- 2.至民國 104 年底，板新地區可由板一工程設施及板二工程先行完成之錦和、新五路加壓站以及光復抽水加壓站第一階段工程供水設備能力可達每日 72 萬立方公尺，可滿足用水需求。第二階段完工後(預定至民國 109 年 6 月中)，板新地區則可由板一工程設施及板二工程供水設備能力可達每日 101 萬立方公尺，亦可滿足用水需求。

(二)影響

- 1.本計畫完成後，原板新供水區必要時可全

部改由北水處供應，台水公司必需向北水處價購清水每日 101 萬立方公尺供應板新地區，由台水公司 98 年度統計資料分析，由板新系統(大漢溪及三峽河取水處理)供水成本為 6.77 元/立方公尺，向北水處購買清水供水成本為 10.69 元/立方公尺，故台水公司每年增加支出達 $(10.69-6.77) \times 1,005,000 \times 365/108 = 14.38$ 億餘元。對於負債高達 500 億元以上之台水公司，無疑是雪上加霜，在水價無法合理反應成本之際，經營更形困難下，建議本計畫完成後，上述每年增加的 14.38 億元支出部分，由公務預算專案補助，以免造成台水公司鉅額虧損，俾得以永續經營。

- 2.近年來，已有「北北基合併成立新公司」、「板新地區併入北水處經營」之倡議，就水資源運用效率而言，板新淨水場出水水質合格率已 100%，並無水質問題。板二計畫全部完工後，若讓三峽河及大漢溪側流量之水源量若不能進入大台北供水系統，將造成板新淨水場常態下閒置。基於水資源運用效率，豐水期先取用川流水，枯水期再取用水庫水，就板二計畫供水方式定位為枯旱或緊急時期的備援系統，以落實板二計畫精神—靈活調度新店溪及大漢溪流域水源，其操作方式應可再研議。

七、結論

提供質優又量足的自來水是台水公司永遠不變的承諾，板二計畫之供水成本高昂對於台水公司財務之影響是雪上加霜，然為達成新北市民共飲翡翠水的期望，及因應近年來在全球暖化效應下，天災發生之頻率與嚴重程度更甚以往，造成供水風險日趨增

高，對於建構用戶更安全、安心及永續之用水環境，台水公司責無旁貸持續戮力推動本計畫之完成，期能讓民眾儘早享有穩定供水之優質服務，享受質優量足自在用水的生活。

參考文獻

- 1.經濟部水利署板新地區供水改善計畫二期工程計畫書，2006。
- 2.經濟部水利署板新地區供水改善計畫二期工程修正計畫，2009。
- 3.經濟部水利署板新地區供水改善計畫二期工程(第二次修正)，2012。

作者簡介

徐俊雄先生

現職：台灣自來水股份有限公司工務處設計組組長

專長：自來水工程規劃設計、施工管理

李嘉榮先生

現職：台灣自來水股份有限公司工務處處長

專長：自來水工程規劃、設計、施工及經營管理

本刊 105 年「每期專題」

期別	主 題	子 題	時程
35 卷 第 3 期	淨水處理及 水質安全	淨水處理技術、海水淡化、淨水高級處理、水質檢驗、監測與管理、臭味檢測、防蝕控制、水質安全、多重屏障、廢水處理等	8 月
35 卷 第 4 期	營運管理及 績效評估	供水設施及資產管理、資訊管理與應用、供水管網、自來水營運、客戶服務、人力資源管理、大數據分析、合理水價等	11 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

水利設施申請開發許可案例—中庄調整池工程計畫

文/王國樑、謝呂賢

摘要

大型開發案需依照「環境影響評估法」辦理環境影響評估為各方所熟悉，然在國土規劃理念逐步被重視下，依照「區域計畫法」而辦理之開發計畫，其審議程序與規範內容也持續的進步與落實，此部分卻為許多水利工作者感到陌生。事實上，開發計畫內容之龐大與審議程序之複雜並不亞於環境影響評估，本文以中庄調整池工程計畫為例，介紹申請開發許可之內容及程序等，期讓水利工作者在面臨類似之水資源開發業務時有所參考。

93 年艾利颱風侵襲導致石門水庫原水濁度飆高，造成桃園地區及新北市板新地區停水 10 餘天，濁度飆高乃肇因大雨將水庫上游崩坍地砂土沖入水庫，此不僅造成停水危機，水庫淤積亦使水庫容量減少及縮短使用壽命。位於石門水庫下游的中庄調整池於颱風期間原水濁度過高時，可備援供應乾淨清水 6.2 天每日 80 萬噸，水庫此時則可適度排砂促進其永續利用。但工程須待開發計畫完成後方可施工，未來水利工程計畫規劃時須評估辦理開發計畫之時間，方能確實掌控期程以利工程計畫推動。

關鍵詞：水利工程、水資源開發、調整池、開發許可、開發計畫

一、前言

台灣地狹人稠，水資源開發已趨飽和新增水源不易，因此水資源開發已朝向平地水庫及埤塘水源開發利用等多元化發展。各種大型水利工程，都有可能面臨必須申請開發

許可的程序，申請時間動輒超過兩年，若能於規劃期間事先在用地與設施上擬訂出符合區域計畫法之內容，則能大大的減少申請時間，故對區域計畫法的了解，是未來水利工程師應該有的通識性基本概念。中庄調整池工程乃近幾年依現行法規申請開發許可通過之大型水利工程，其申請過程及面臨之問題，可作為各水利先進之參考。

二、中庄調整池工程簡介

中庄調整池位於石門水庫下游約 13 公里之大漢溪廢河道，位於桃園市大溪區，位於飲用水水源水質保護區與自來水水質水量保護區。利用離槽廢河道約 89 公頃土地做為中庄調整池基地。主要設施如下：

- 1.攔河堰：位於武嶺橋下游 1.1 公里，堰長 200 公尺，為國內主流河道最大傾倒式閘門。
- 2.引水路：自攔河堰至調整池總長 1.7 公里，引水量 10cms。
- 3.調整池：有效蓄水量 492 萬噸，可緊急備援供水桃園及板新地區 6.2 天；平時亦可常態供水每日 2.4 萬噸。
- 4.輸水路：總長約 4.8 公里，含過河倒虹吸工。輸水路將調整池蓄水送向左岸之台灣自來水公司大湳抽水站及右岸之板新水廠，經自來水公司處理後即送往自來水用戶使用。

整體核定工程經費 42.33 億元，各分項工程於 100 年底開始陸續施作，預計於 106 年中完成。

調整池主要於平時蓄乾淨清水，颱洪期間高濁度時則不引水，利用輸水路將調整池所蓄之清水送至台灣自來水公司大湳抽水站及板新水廠引水箱涵。桃園市乃工商大縣每年產值達 3.06 兆，穩定的水源供應對北台灣發展至為重要，中庄調整池可於石門水庫原水濁度飆高時備援供水 6.2 天(每日 80 萬噸)提供北桃園及板新 200 萬人用水，平時亦可提供常態用水每日 2.4 萬噸，對供水穩定發揮至為關鍵之作用。

三、申請開發許可相關法規

台灣土地開發利用的根本法律為「區域計畫法」，若為都市土地有「都市計畫法」等系列之法律規範，若為非都市土地則有「非都市土地使用管制規則」等系列法律規範，台灣土地綜合開發計畫規範如下：

非都市土地開發按「區域計畫法」第 15

條之 1 第 1 項第 2 款「為開發利用，依各該區域計畫之規定，由申請人擬具開發計畫，檢同有關文件，向直轄市、縣(市)政府申請，報經各該區域計畫擬定機關許可後，辦理分區變更」，而開發計畫的內容及申請程序主要在於「非都市土地使用管制規則」、「非都市土地開發審議作業規範」及「非都市土地變更執行要點」，另涉及土地取得之法規有「土地徵收條例」、「土地徵收條例施行細則」及「申請土地徵收注意事項」。

(一)審議流程：開發面積小於 30 公頃者由直轄市、縣(市)政府審議核定，30 公頃以上者由內政部審議核定，但若有「非都市土地使用分區及使用地變更申請案件委辦直轄市縣(市)政府審查作業要點」第二點各款規定情形，就算面積小於 30 公頃，仍須送內政部審議核定，如下：

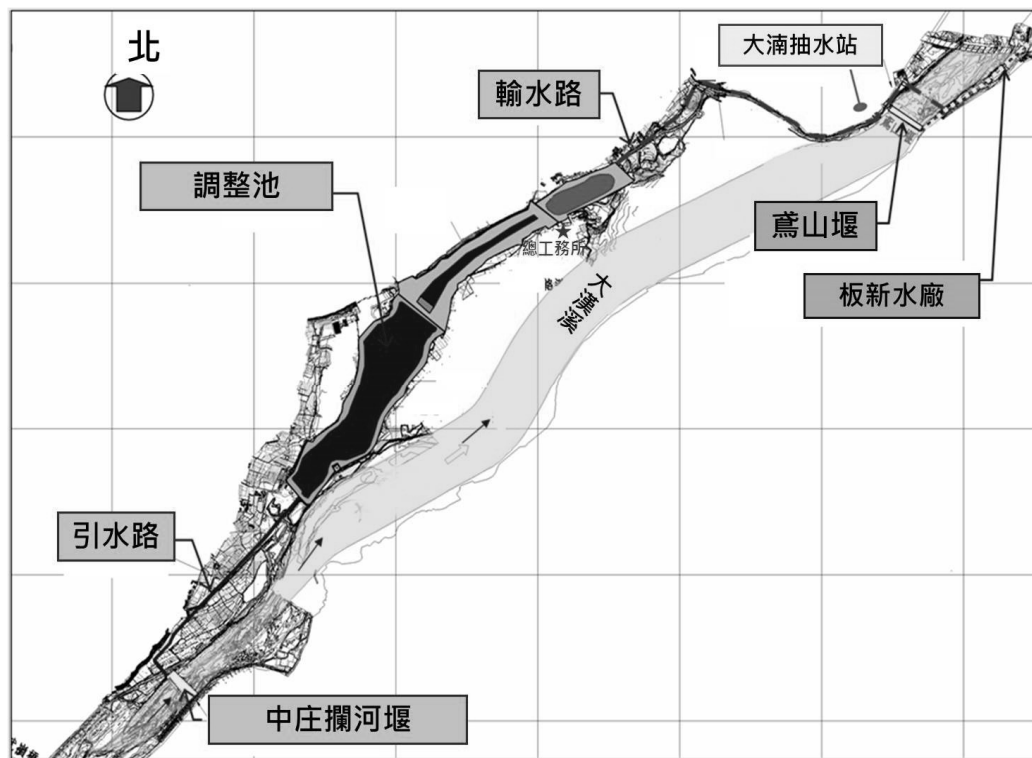


圖 1 中庄調整池工程佈設

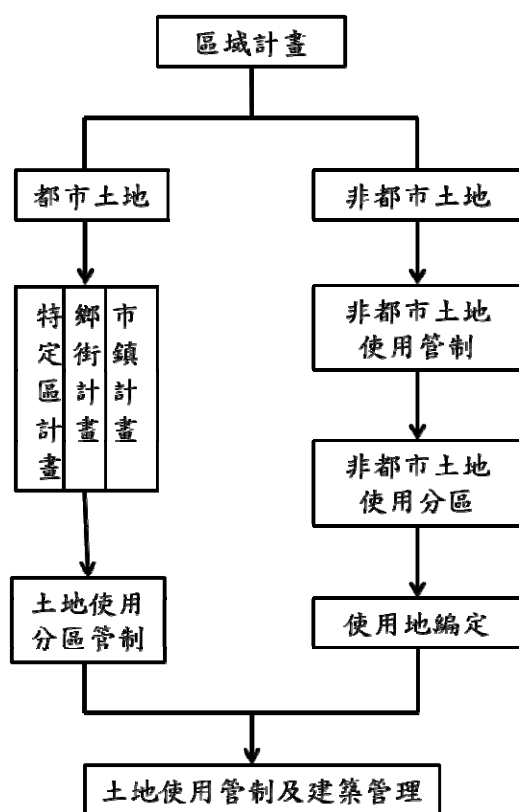


圖 2 台灣土地綜合開發計畫

非都市土地申請開發需辦理使用分區及使用地變更之案件，須依區域計畫法第十五條之一規定經區域計畫擬定機關許可審議，面積規模於三十公頃以下者，委辦直轄市、縣（市）政府代為許可審議核定。但屬下列情形之一者，不在此限：

- 1.坐落土地跨越二個直轄市或縣（市）行政區域以上。
- 2.軍事設施、報經行政院核定之國家建設計畫及因應緊急天然災害所需設施等中央政府機關申請之開發案。
- 3.海埔地之申請開發案。
- 4.同一興辦事業計畫分次申請毗連土地擴大之開發計畫審議，累計面積達三十公頃以上。
- 5.申請人為該直轄市、縣（市）政府，且申

請案面積十公頃以上。

- 6.申請案範圍內有屬海岸地區、嚴重地層下陷地區、重要水庫集水區或特定農業區（農牧用地、林業用地、養殖用地、水利用地、生態保護用地、國土保安用地或暫未編定土地）等地區之土地，且該等土地面積一公頃以上或占申請總面積之百分之五十以上。
- 7.公辦面積十公頃以上或自辦農村社區土地重劃案。
- 8.經行政院同意設立之自由經濟示範區開發案。

中庄調整池工程計畫為行政院 98 年 12 月 2 日院臺經字第 0980075222 號函核定之國家建設計畫，面積亦高達約 90 公頃，因此須將開發計畫送縣（市）政府查核相關基本資料並提供初審意見後，再送內政部區域計畫委員會審議，審議流程如下：

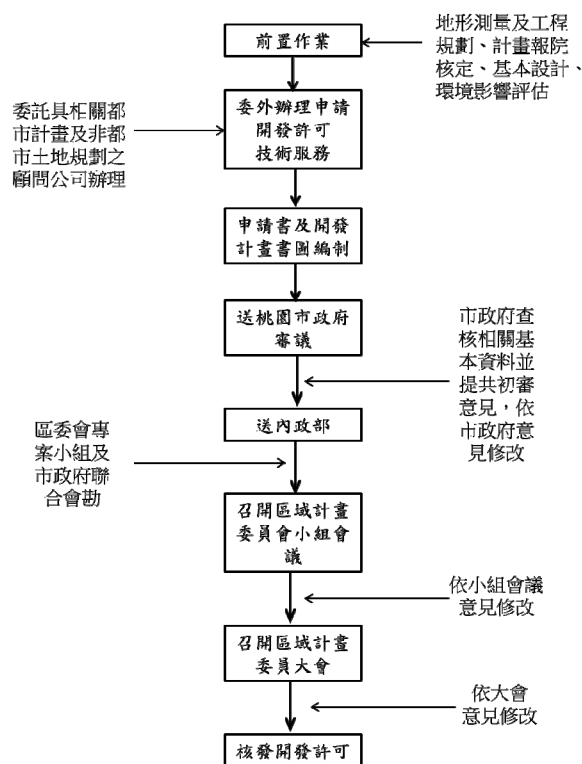


圖 3 中庄調整池申請開發許可審議流程

(二)土地使用計畫：「區域計畫法施行細則」第 13 條及第 15 條規定非都市土地的 10 種使用分區及 18 種用地編定，整理如表 1 及 2。

四、中庄調整池開發計畫內容

開發計畫依「非都市土地開發審議作業規範」(以下簡稱作業規範)準備申請書及開發計畫書，內容繁多，在此重點地介紹中庄調整池開發計畫內容，此或為未來其他水資源設施申請開發時可能面臨的問題。

(一)線性開發

依內政部營建署 89 年 12 月 1 日 89 營署綜字第 50992 號函，線狀設施(如鐵、公路等)開發，其土地利用為穿越性，與周遭土地使用性質並非明顯不相容，又常需與其他線路前後連接而缺乏替代性，故不影響原土地使用分區劃定之目的，則無「區域計畫法」第 15 條之 1 規定之適用。

本案之輸水路及引水路皆為線狀，不需提送開發計畫而能逕為變更用地，所送開發

計畫之內容主要為調整池、附屬用地及管理大樓，如此能減少部分文書圖畫製作，加快申請行政流程。

(二)敏感區位

「作業規範」第十條說明若開發基地所在之自來水水質水量保護區已依法公告飲用水水源水質保護區或飲用水取水口一定距離內之地區者，其開發應依自來水法及飲用水管理條例相關規定辦理，中庄調整池基地範圍位於飲用水水源水質保護區與自來水水質水量保護區，因調整池非屬污染性工廠或 20 戶以上之社區，符合「變更臺灣北中南東部區域計畫(第 1 次通檢討)-因應莫拉克颱風災害檢討土地使用管制」第三章規定，行政院環境保護署發函許可開發。另調整池並非自來水法第 11 條明定之禁止限制事項，經濟部亦許可之於水質水量保護區開發。

其他敏感區尚有農業用地經行政院農業委會同意，重要水庫集水區經內政部同意等。

表 1 非都市土地的 10 種使用分區

使用分區	使用說明
1. 特定農業區	優良農地或曾經投資建設重大農業改良設施，經會同農業主管機關認為必須加以特別保護而劃定者。
2. 一般農業區	特定農業區以外供農業使用之土地。
3. 工業區	為促進工業整體發展，會同有關機關劃定者。
4. 鄉村區	為調和、改善農村居住與生產環境及配合政府興建住宅社區政策之需要，會同有關機關劃定者。
5. 森林區	為保育利用森林資源，並維護生態平衡及涵養水源，依森林法等有關法令，會同有關機關劃定者。
6. 山坡地保育區	為保護自然生態資源、景觀、環境，與防治沖蝕、崩塌、地滑、土石流失等地質災害，及涵養水源等水土保育，依有關法令，會同有關機關劃定者。
7. 風景區	為維護自然景觀，改善國民康樂遊憩環境，依有關法令，會同有關機關劃定者。
8. 國家公園區	為保護國家特有之自然風景、史蹟、野生動物及其棲息地，並供國民育樂及研究，依國家公園法劃定者。
9. 河川區	為保護水道、確保河防安全及水流宣洩，依水利法等有關法令，會同有關機關劃定者。
10. 其他使用區或特定專用區	為利各目的事業推動業務之實際需要，依有關法令，會同有關機關劃定並註明其用途者。



表 2 非都市土地的 18 種用地編定

使用地編定	用地性質
1. 甲種建築用地：	供山坡地範圍外之農業區內建築使用者
2. 乙種建築用地：	供鄉村區內建築使用者
3. 丙種建築用地：	供森林區、山坡地保育區、風景區及山坡地範圍之農業區內建築使用者
4. 丁種建築用地：	供工廠及有關工業設施建築使用者
5. 農牧用地：	供農牧生產及其設施使用者
6. 林業用地：	供營林及其設施使用者
7. 養殖用地：	供水產養殖及其設施使用者
8. 鹽業用地：	供製鹽及其設施使用者
9. 礦業用地：	供礦業實際使用者
10. 窯業用地：	供磚瓦製造及其設施使用者。
11. 交通用地：	供鐵路、公路、捷運系統、港埠、空運、氣象、郵政、電信等及其設施使用者
12. 水利用地：	供水利及其設施使用者
13. 遊憩用地：	供國民遊憩使用者
14. 古蹟保存用地：	供保存古蹟使用者
15. 生態保護用地：	供保護生態使用者
16. 國土保安用地：	供國土保安使用者
17. 墳墓用地：	供喪葬設施使用者
18. 特定目的事業用地：	供各種特定目的之事業使用者

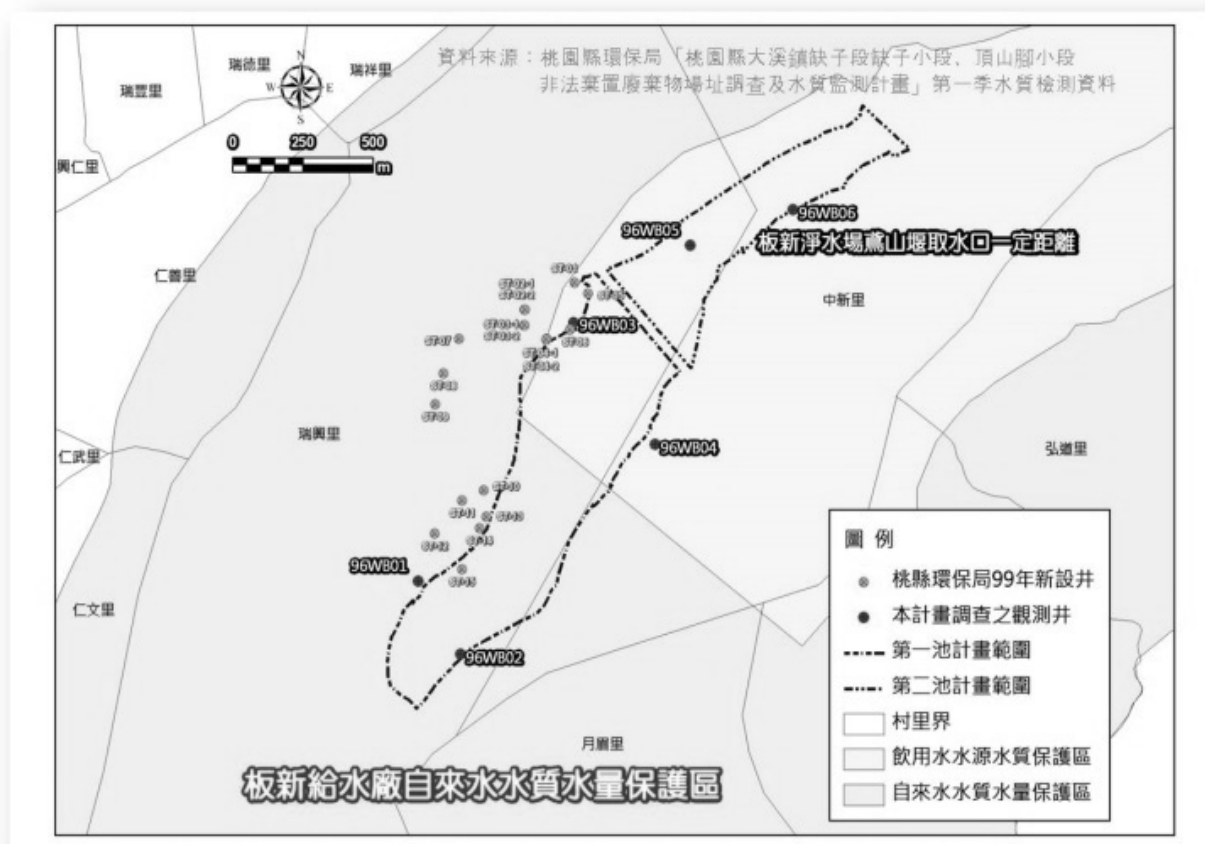


圖 4 中庄調整池位於飲用水及自來水保護區

(三)分區與用地

調整池基地約 89 公頃，76.14 公頃土地未編定佔 85.55%，9.87 公頃為特定農業區農牧用地佔 11.09%，2.99 公頃為一般農業區農牧用地佔 3.36%。基地北側、中段、南側各有一座閒置不用之砂石場，其他大部分為草澤濕地，植物生長茂盛，具豐富的植栽林相人為活動干擾少。另有田野農作區，少部分為荒地，大多為農耕使用。

本計畫屬不可歸類為工業區、鄉村區及風景區之土地達 2 公頃以上者，因此應變更為特定專用區，使用編定中興橋現況道路為交通用地、管理站為特定目的事業用地，其他調整池、圍堤(環湖道路)及生態土丘等則為水利用地，如表 3 及圖 6。

表 3 使用分區及用地編定

使用分區	使用編定	土地 使用項目	計畫值 (公頃)	百分比 (%)
特定專用區	水利用地	調整池1	43.94	49.36
		調整池2	19.08	21.44
		圍堤 (環湖道路)	3.56	4.00
		圍堤(綠帶)	10.35	11.63
		生態土丘	11.11	12.48
		輸水路	0.5	0.58
		小計	88.54	99.49
	特定目的 事業用地	管理站	0.185	0.30
	交通用地	中興橋 (既有道路)	0.27	0.21
總計			89	100.00

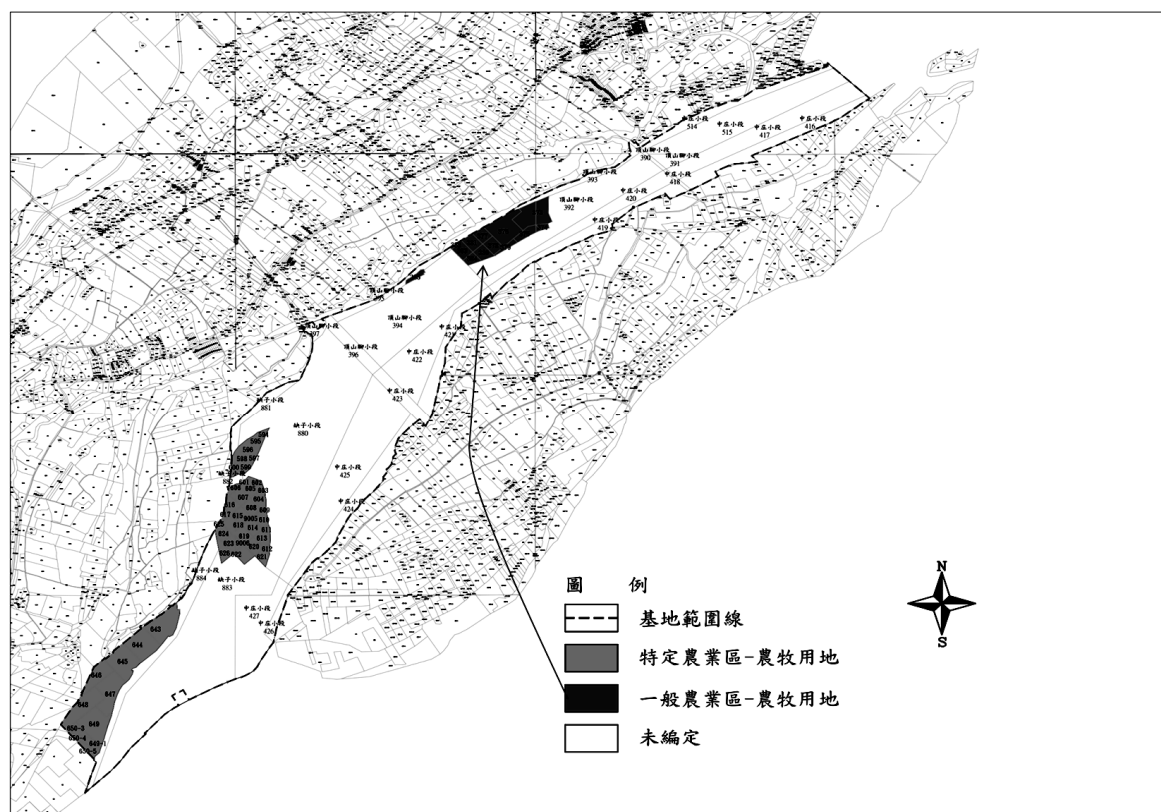


圖 5 基地範圍原始用地編定

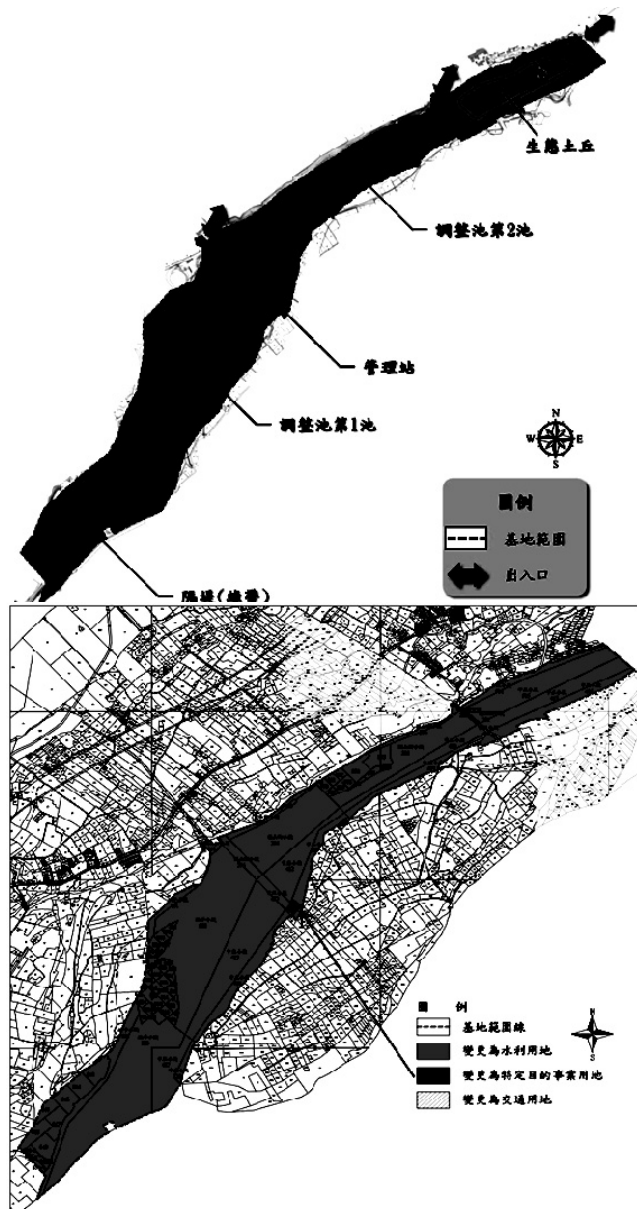


圖 6 基地空間布設及使用地編定規劃

(四)特殊問題

作業規範(總編)第十七點略「基地開發應保育與利用並重，並應依下列原則，於基地內劃設必要之保育區，以維持基地自然淨化空氣、涵養水源、平衡生態之功能…(二)保育區面積不得小於扣除不可開發區面積後之剩餘基地面積之百分之三十。保育區面積之百分七十以上應維持原始之地形地貌，不得開發」，以本案 89 公頃為例則需劃設 30%即 26.7 公頃土地作為保育區，在台灣

地狹人稠土地取得不易條件下，此規定應不適合水利設施，參考行政院經濟建設委員會 99 年 5 月 6 日經都字第 0990002066 號函送「非都市土地開發審議作業規範」有關 30% 保育區劃設規定會議紀錄結論(一):「…惟針對政府部門推動之公共建設屬低密度開發、且已於周邊設置緩衝綠帶或設施者，其保育區之比例或納入保育區面積計算之設施項目，請內政部營建署於個案審議時通盤考量。…」，本案屬低密度開發行為且考量調整池的設置即有淨化空氣、涵養水源及平衡生態之功能，區域計畫委員會同意依作業規範(總編)第四十六點「本規範為審查作業之指導原則，若有未盡事宜，仍以區域計畫委員會之決議為準」，保育區面積不受作業規範(總編)第十七點第 2 款之限制。

另因本案基地曾遭違法傾倒爐碴、可燃垃圾、建材等廢棄物，本局承諾遵循「廢棄物清理法」等相關程序，妥善清理廢棄物，以維護未來調整池蓄水水質。

五、簡化行政流程提議

本案之委辦契約自 99 年 2 月 11 日開始履約，至取得內政部許可函時已是 101 年 5 月 18 日，從準備書圖至取得開發許可，共歷經 2 年 3 個月。本局規劃工作進程時即發現既存之審議規範並不適合水利設施，故於 98 年 11 月 25 日函請內政部營建署依行政院核定之工程計畫逕為辦理分區變更，然營建署函復表示本案尚難認定屬資源保育行為，無法逕為辦理分區變更，仍需依《區域計畫法》第 15 條之 1 第 1 項第 2 款擬具開發計畫送審。雖然中庄調整池開發計畫還是遵循一般程序辦理，本局依然多次建議水資源

設施用地編定作業應縮短審核期程及簡化核定流程，俾利公共建設推動。

其後內政部參考本局意見及其他水利工程，於 103 年 6 月 13 日函頒「水資源設施申請變更為非都市土地資源型特定專用區認定基準」，水利設施可依此基準及《區域計畫法》第 15 條之 1 第 1 項第 1 款辦理「資源型特定專用區」分區變更，具有書圖文件簡便、審查時程縮短等優點，未來的水利工程可參考辦理。

六、結論

申請開發許可所需準備書圖複雜且行政程序繁複，本文以「中庄調整池」申請案例，介紹水利設施申請過程應注意事項及可能面臨的問題。由於水利設施開發強度遠低於工業區或商業區等，「非都市土地開發審議作業規範」的諸多限制對水利設施並不適用，內政部於 103 年 6 月函頒「水資源設施申請變更為非都市土地資源型特定專用區認定基準」，符合其認定基準之水利設施可依《區域計畫法》第 15 條之 1 第 1 項第 1 款辦理逕為分區變更，能大為簡化流程。期在全球氣候變遷極端氣候頻繁挑戰下，對國家水利工作能提升效率而為大眾帶來福祉。

參考文獻

- 1.經濟部水利署水利規劃試驗所，中庄調整池可行性規劃-工程可行性規劃專題報告，2009。
- 2.經濟部水利署水利規劃試驗所，中庄調整池可行性規劃—地質地物探測與鑽探及地下水調查專題報告，2008。
- 3.經濟部水利署，中庄調整池工程計畫環境影響說明書，2009。

- 4.水利署北區水資源局，桃園縣大溪鎮中庄調整池開發計畫，2012。

作者簡介

王國樑先生

現職：經濟部水利署保育事業組組長

專長：水資源規劃、設計及管理

謝呂賢先生

現職：水利署北區水資源局副工程司

專長：水庫水域管理、水資源開發、河道廢棄物清理

湖山水庫下游自來水工程簡介

文/鄭錦峯

摘要

台水公司配合湖山水庫之興建而辦理下游自來水工程計畫，引用集集攔河堰與湖山水庫之地面水源取代區內現有地下水源，提升雲林縣全境及南彰化與北嘉義地區的自來水水質，並滿足供水區民國 120 年每日 46.8 萬噸之用水需求。

整個計畫自民國 101 年 8 月奉行政院核定後開始執行，預定 106 年 6 月完工，計畫總金額 130 億元，全部由台水公司自籌。主要工程內容包括：出水量每日 40 萬噸的淨水場 1 座、濁度 1,800NTU 以下出水量每日 40 萬噸的前處理場 1 座、導水管總長約 10 公里、送水管總長約 90 公里。

關鍵字：湖山水庫下游自來水

一、前言

馬總統 105 年 4 月 2 日視察湖山水庫並將湖山引水隧道閘門下放蓄水，湖山水庫越域引水的清水溪桶頭攔河堰則於 5 月 2 日開始蓄水，而台水公司辦理之湖山淨水場刻正進行試車前的最後安裝、檢核作業，在湖山水庫即將供水之際，在此與大家簡單分享「湖山水庫下游自來水工程計畫」的相關內容。

湖山水庫位於斗六丘陵西麓北港溪支流梅林溪上游，集水區面積僅 6.58 平方公里，總蓄水量 5,347 萬立方公尺，屬離槽水庫，於清水溪構築桶頭攔河堰，並開鑿引水隧道將水引到湖山水庫來蓄用^[1]。



圖 1 湖山水庫越域引水圖^[1]

濁水溪發源於合歡山，溪水中挾帶大量泥沙與懸浮物質，出二水隘口後孕育出土壤肥沃、物產豐富的沖積扇平原，也成為雲林縣與彰化縣的天然界線。雲林縣自斗六丘陵以西皆屬濁水溪沖積扇平原，由於濁水溪水量無法滿足所需，且雲林的灌溉系統與水稻田的開墾較彰化來得晚，所分配到的濁水溪水量低於彰化，加上地下水取得容易，造成農漁業用水很多皆抽取地下水作為水源。

早期雲林全縣各自來水供水系統均以地下水作為水源，後因沿海地區地下水普遍含砷，古坑、斗六、斗南等東南地區因農田長期施肥導致硝酸鹽氮含量日漸升高，濁水溪沿岸的林內、荊桐、西螺一帶硬度較高，

再加上地下水超抽導致地層下陷嚴重，台水公司乃配合集集攔河堰之興建，於民國 94 年底完成「集集攔河堰下游自來水工程」，95 年元月林內淨水場正式營運，水源取自集集攔河堰南幹渠，每日約可供水 12 萬噸，唯濁水溪豐枯水期水量差異甚大，枯水期水權量僅每日 10 萬噸，豐水期雖水量充沛，但原水濁度過高，超出林內淨水場處理能力，必須減量出水，故「集集攔河堰下游自來水工程」完成後仍無法徹底解決上述問題。

近年來因地下水超抽，雲林縣成為全地層下陷最嚴重的地區，適逢原規劃主要用以供給雲林離島工業區用水之湖山水庫，在環評審查時遭環評團體之阻擾，最終環評審查作成結論：「以供應雲林、南投地區民生用水為第一優先，六輕以外之用水為第二優先。」台水公司爰配合政府推動「彰化雲林地區地層下陷防治計畫」及湖山水庫之興建而辦理「湖山水庫下游自來水工程計畫(以下稱本計畫)」，以地面水取代現有地下水源，並提升雲林地區自來水水質與供水穩定性。

二、供水區域及供水量

本計畫供水區域涵蓋雲林縣全境、南彰化的北斗、二林、田尾、埤頭、芳苑、大城、竹塘、溪州等 8 鄉鎮及北嘉義的大林、民雄、梅山等 3 鄉鎮，目標年民國 120 年需水量為每日 46.8 萬噸，其中 5 萬噸用以支援南彰化地區，5.3 萬噸支援北嘉義地區，供水區域如圖 2。

三、水源運用

本計畫配合上位的「湖山水庫工程計

畫」，採用湖山水庫與集集攔河堰雙水源聯合供水，依台水公司之水權引取集集堰水源為優先，當集集堰原水濁度過高或可取用水量不足時，則由湖山水庫補足之。

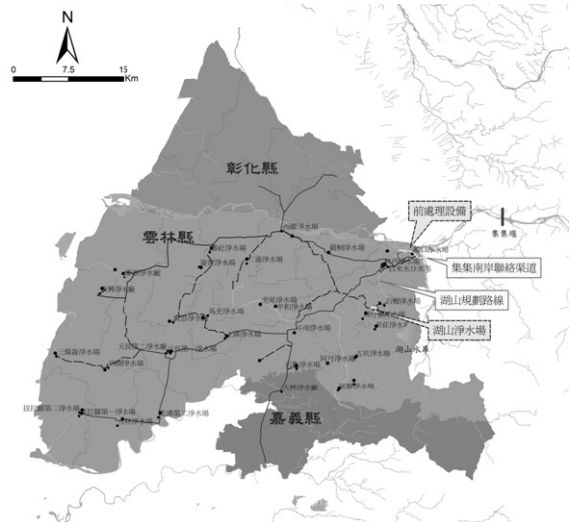


圖 2 本計畫供水區域圖



圖 3 水源聯合運用輸水管路圖

四、計畫內容

本計畫民國 101 年 8 月 23 日奉行政院核定，預定 106 年 6 月完工，計畫總金額 130 億元，全部由台水公司自籌。

主要工程內容包括：

- 出水能力每日 40 萬噸的淨水場 1 座
- 濁度 1,800NTU 以下出水能力每日 40 萬噸的前處理場 1 座。
- 銜接湖山水庫下游輸水管與林內及湖山淨水場間的導水管總長約 10 公里。
- 管徑 500 mm ~ 2,000 mm 送水管總長約 90 公里。

五、湖山淨水場

湖山淨水場位於雲林縣斗六市原台糖埤仔頭農場，面積 46.59 公頃，全數為台糖土地。設計出水量每日 40 萬噸，最大出水量每日 48 萬噸，採用傳統淨廢水處理程序，淨水設備包括進水井、調節池、分水井、量水槽、快混池、膠凝池、傾斜管沉澱池、快濾池及清水池等單元，廢水設備包括廢水調勻池、廢水沉澱池、第一段污泥濃縮池、第二段污泥濃縮池、污泥曬乾床、回收池、廢水放流池、乾污泥暫存場等單元。

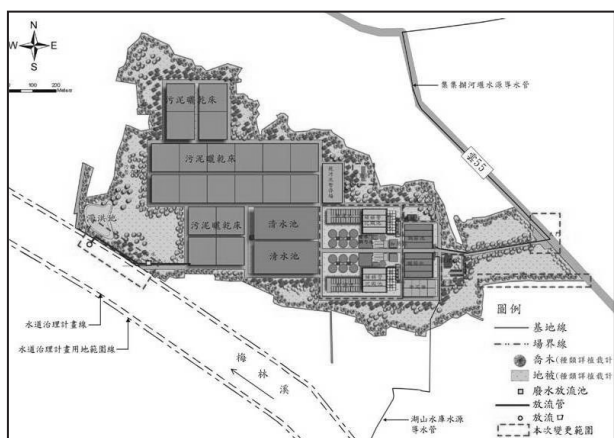


圖 4 湖山淨水場設施及景觀圖

湖山淨水場新建工程預算金額 22.2 億元，採統包方式於 102 年 6 月 14 日決標，翌日開工，工期 700 日曆天。淨水場設有環境教育設施場所，可提供民眾參訪學習，未來營運後三年內須取得環保署的認證。另，管理樓須取得綠建築銀級標章，截至 105 年 4 月底各淨廢水設備工程均已完成且個體試車之池體試水亦已完成 86%，將可配合湖山水庫提供水源後進行調整試車。



圖 5 湖山淨水場 104 年 9 月空拍圖

六、前處理設備

前處理設備座落於林內鄉頂庄段，面積 37.22 公頃，土地筆數高達 186 筆，其中私有土地 146 筆，面積 31.74 公頃，歷經多次協商後以協議價購方式取得；國有土地 40 筆，面積 5.48 公頃，因國產署之售價遠高於私有土地，最後以租用方式取得用地。

前處理設備設計出水量為原水濁度 1,800NTU 以下出水量每日 40 萬噸，濁度 5,000NTU 時出水量每日 20 萬噸，不同原水濁度之處理水量詳表 1。

處理後的原水以重力方式優先送往林內淨水場做後續處理，有餘裕水量時再加壓送至湖山淨水場處理。

表 1 前處理設備不同濁度出水能力表

集集堰原水 濁度(NTU)	前處理設備	
	出水量(CMD)	出水比例(%)
大於 10,000	0	0
8,600~10,000	40,000	0.16
8,000~8,600	68,000	0.05
6,000~8,000	148,000	1.73
5,000~6,000	180,000	1.12
4,000~5,000	200,000	1.71
3,000~4,000	300,000	4.44
2,000~3,000	340,000	4.77
1,800~2,000	396,000	0.93
1,800 以下	400,000	85.09
合 計	(平均) 352,000	

前處理設備設有初沉池五套，每套 5 池（含 1 池預備池供清淤用），採未加藥的重力沉降方式降低原水濁度，產生之最大乾淤泥量高達每日 1,418 公噸。另設有出水池兩池、淤泥塘 90 池、淤泥暫存場 1 處、管理樓、機械室及警衛室各 1 棟，處理流程如圖 6、平面配置如圖 7。

前處理設備工程預算金額 23.2 億元，於 103 年 12 月 15 日開工，工期 650 日曆天。截至 105 年 4 月底正辦理 5 座初沉池之牆柱與頂板施工，管理樓進行 2 樓柱的施作，施工進度為 34.69%。

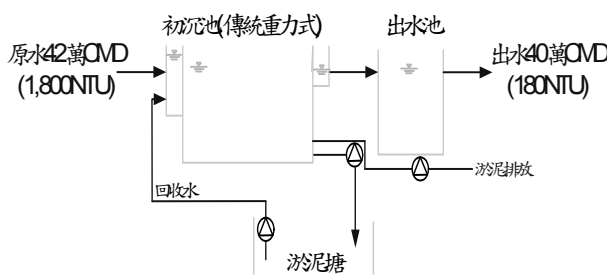


圖 6 前處理設備處理流程圖

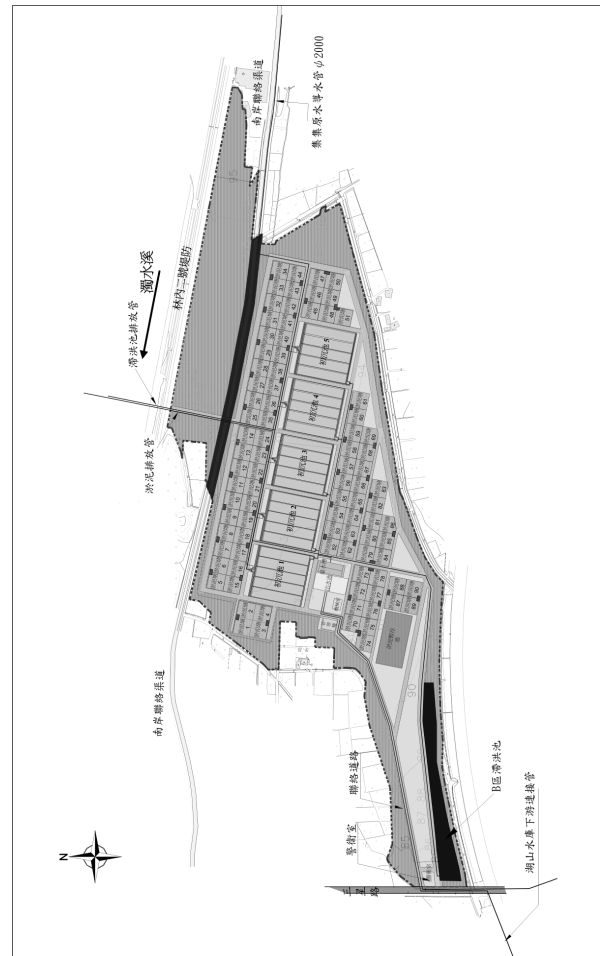


圖 7 前處理設備平面配置圖



圖 8 前處理設備施工現況圖

七、送水管

為將湖山及林內淨水場的清水用以取代現有供水區內的地下水源，本計畫送水管網除連結現有供水中的管線之外，並將管網擴大遍及雲林縣每一鄉鎮。

湖山淨水場主要採重力供水方式，可節省日後龐大的加壓供水成本，下游送水管管徑自 500mm~2000mm，總長度約 90 公里，與林內淨水場原集集攔河堰下游供水系統有 2 處連結，使二者可相互支援，聯合供給下游地區用水。

本計畫管網從東至西有西螺一斗六、二崙一斗南、崙背一土庫、麥寮一元長等 4 個連絡管，銜接南北兩大主要幹管，形成綿密完整的供水管網，以因應突發事件緊急調水之需，詳圖 9。



圖 9 送水管平面圖

送水管工程自 103 年 2 月起開始埋設，103 年底先完成元長至三條崙長達 14.3 公里的管線，林內淨水場隨即開始供水四湖鄉，以改善當地地下水含砷問題。截至 105 年 4 月底共埋設完成 70 公里，目前已可配合湖山淨水場辦理試車。

八、結語

湖山水庫下游自來水工程計畫完成後，屆時湖山水庫與集集堰的地面水源可取代現有地下水源，對雲林縣及南彰化、北嘉義逾百萬人生活用水的穩定與水質的提升有著巨大的貢獻，且本計畫為政府推動「雲

彰地區地層下陷具體解決方案暨行動計畫」中最重要之工程之一，隨著湖山淨水場即將進行試車、供水，在此感謝為本計畫工程盡心盡力默默付出的所有人員，大家的心力與汗水將化為源源不絕的清流，送達每一家庭，當人們飲此潔淨甘醇之水，並用以潔身淨污之際，將使得我們平凡的生命生發出不平凡的意義與價值！

參考文獻

1. 經濟部水利署中區水資源局網站
[http://www.wracb.gov.tw/ct.asp?xItem=11057&CtN
ode=1398&mp=15](http://www.wracb.gov.tw/ct.asp?xItem=11057&CtN ode=1398&mp=15)
[http://www.wracb.gov.tw/ct.asp?xItem=11082&CtN
ode=1405&mp=15](http://www.wracb.gov.tw/ct.asp?xItem=11082&CtN ode=1405&mp=15)
2. 湖山水庫下游自來水工程規劃(定案報告)-本
文中華民國102年9月
3. 湖山水庫下游自來水工程－前處理設備及湖
山淨水場環境影響說明書定稿本(本文)台灣自
來水股份有限公司中華民國101年5月
4. 湖山水庫下游自來水工程－前處理設備及湖
山淨水場環境影響說明書變更內容對照表(定
稿本)台灣自來水股份有限公司中華民國103年
4月
5. 湖山水庫下游自來水工程－湖山淨水場開發
計畫(定稿本)台灣自來水股份有限公司中華民
國101年12月
6. 湖山水庫下游自來水工程－前處理設備開發
計畫(定稿本)台灣自來水股份有限公司中華民
國102年4月

作者簡介

鄭錦峯先生

現職：台灣自來水股份有限公司中區工程處工程師
專長：自來水工程規劃

供水 4.0～智慧水網初探

文/李丁來、趙全明、黃正中、郭得祿

一、前言

21 世紀自來水事業的營運及管理，乃是一項艱鉅的工作。逐漸老化的管網系統、提升效率和永續發展的壓力及氣候變遷的挑戰，對自來水事業而言，是一複雜的任務，許多經驗法則、傳統的管理工具及用來應對所面臨挑戰之處理策略，常已無法因應，使自來水事業的管網更易受到來自管線老化所引起的各種問題之影響。

自來水管線擔負著都市自來水配送的任務，如同一個人身體上的血管，可稱都市的“維生線”，隨著供水管網逐年增設的監視儀器和遠端遙控設備，自來水管網所傳送的不僅是“自來水”，也包括“數據流”，使智能數據之應用逐漸成為可能，“智慧水網(Smart Water Network)”，是數據驅動元件的結構，這些元件，有助於操作管線、幫浦、水池和控制閥，導入智慧水網技術，可藉由數據驅動自來水事業經營效率，協助自來水事業供水管網的配送管理，提升水資源的有效運用及可靠度。

二、智慧水網系統的基本架構

“智慧水網”亦可說是一套完全整合的產品、解決方案和系統，可幫助自來水事業從遠端偵測及診斷問題，排定管理維護的優先性，運用數據分析所得判斷，進行遠端控制及優化管網操作，為自來水用戶提供他們需要的訊息和工具，使用戶了解其自來水水質、用水行為及用水型態，俾做出明智的

用水決定，提升對自來水服務的滿意度。其基本架構有五個面向的設備，如圖 1 所示：

- (一)基礎設施(Physical layer)：自來水管線、幫浦、控制閥、減壓閥、配水池等。
- (二)感測及控制(Sensing and control)：由各種類型的感測器及控制器組成，即時獲得與地下管線健康情況有關的各種資訊，包括空間位置、尺寸規格、材質、傳輸物質、傳輸狀態、腐蝕情況、洩露點位置及大小、水溫、水質、水壓、流量計、噪音、水池水位等；另外有控制遠端遙控幫浦、控制閥及減壓閥等設備，可主動或被動提供資訊給傳輸設備。
- (三)數據收集及傳輸(Collection and communication)：主要通過有線網路、無線網路、無線射頻識別 RFID 等通訊手段將感知層獲得的資料由現場即時傳輸到更高層次的單元。主要包括光纖網路、網路交換設備、光電轉換設備、路由器、防火牆、伺服器等，將各項設備監測數據收集，透過資訊技術傳輸、紀錄至 SCADA。
- (四)數據管理及顯示(Data management and display)：將 SCADA 系統所收集資訊顯示在儀表板或顯示器，供操作人員使用。
- (五)數據整合及分析(Data fusion and analysis)：將數據管理及顯示層傳來之資訊透過量身訂製的軟體系統作業，可產生具有預警、自動進行系統回應及改變、管網供水預測等高價值的訊息，以協助進行決策提升效率。

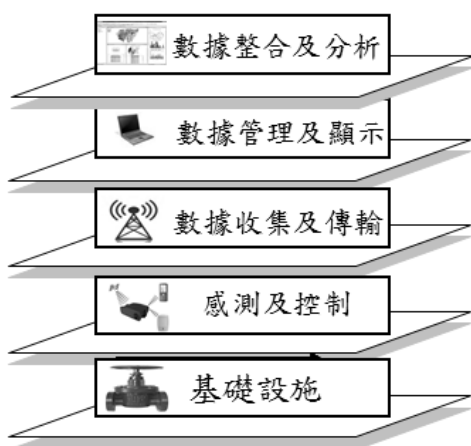


圖 1 智慧水網基本架構^[1]

5 個面向的技術及設備經整合及相關操作軟體後，就可建立智慧水網操作平臺如圖 2 所示。

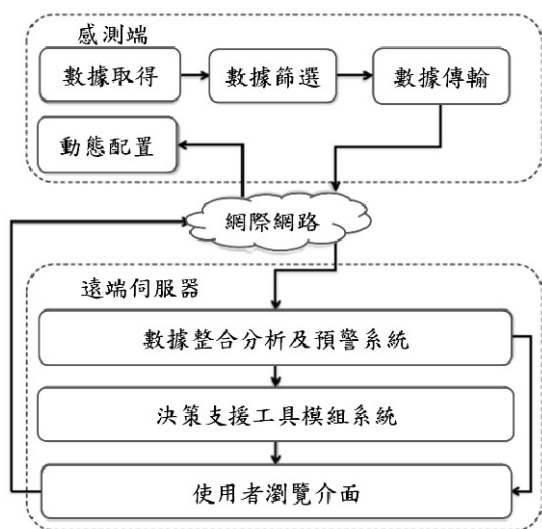


圖 2 智慧水網操作平臺^[2]

三、智慧水網技術和系統組成^[3]

收集及使用愈完整的自來水管網營運及操作數據，就越能提供專業及嚴謹的操控各項複雜的自來水設施。管網操作數據橫跨水源、導水、生產、送水及配水、用戶及用戶端內部之各個使用點，故智能水網技術和系統包括但不限於：

- 流量及壓力計

- 各項水質感測器
- 數據紀錄器
- SCADA
- AMR/AMI
- 事業各項儀表板
- GIS 及圖表工具
- 資產管理
- 勞動力資源工具
- 警報系統
- 智能水壓管理
- 自來水設施監測
- 水平衡及漏水偵測軟體
- 漏水噪音感測器
- 水力模型
- 幫浦操作優化

四、智慧水網的效益及全球商機

智能水網就如同是「數據生態系統」，始自傳感器、遠端遙控器和企業數據資料庫，通過數據收集和通訊，數據管理和顯示，到數據融合和分析。尤其數據融合和分析涵蓋多個範疇，從決策支持、自動化到分析解決方案。從企業經營的角度看智能水網，很清楚的是，更多的資料來源和在作業過程中進行更多的分析，其解決方案就會有更高的「企業價值」，如圖 3 所示。

依據 Navigant Research 公司的市場調研結果，全球智慧水網的商機將從 2013 年的 11 億美金成長到 2022 年的 33 億美金，如圖 4 所示。另，查 JSB 市場研究 2015 年預測指出，全球智慧水網的商機將從 2015 年的 73.4 億美金，成長到 2020 年的 183 億美金，年複合成長率約 20%，兩者預測商機規模雖有不同，但均顯示全球智慧水網的商機正蓬勃發展中。

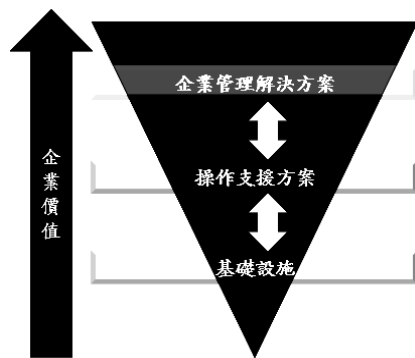


圖 3 智慧水網的企業價值^[3]

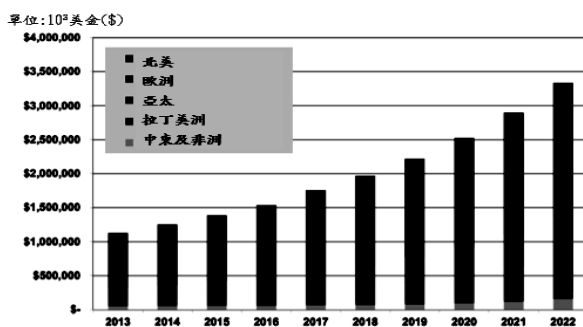


圖 4 全球智慧水網商機(FY2013-2022)^[4]

五、結語與建議

(一)台水公司自民國 63 年成立以來，即致力於建置各式供水設備。隨著各型場站日益眾多且分散各處，各供水管網系統錯綜複雜，無論在淨水操作上或設備維護上均耗費大量人力與時間成本。尤其近年因為用水量之增加以及新水源取得之困難，使得有效率地於各水廠間調配各用水區供水之難度提高。另外，民眾對自來水水質、水量、水壓方面要求亦隨著消費觀念之提昇日益嚴格。因此能隨時掌握供水範圍內之水質、水量與水壓等操作指標，並建置供水調配與緊急應變之智慧管網系統，乃台水公司之重要課題。

(二)由於台水公司投入監控系統之建置時間極早，而過去又多由各區處自行視需要發包設置或陸續升級與擴充，因此長期

以來各系統功能品質不一，且系統間較缺乏有效整合或資訊交流機制。此外，由於目前監控系統由各區自行建置管理，因此不但造成跨區調配水上時效性與掌握性較為不足，在進行長期供水策略擬定等業務數據收集上亦增加需投入之時間與人力，此亦為目前監控系統在功能上尚無法滿足需求之處。台水公司之監控系統在目前場站日益增多、且系統橫向與垂向尚有許多待改善之情況下，進行監控系統整合實有其必要性與迫切性，目前已經完成「監控整合工程」技術規範文件。

- (三)目前台水公司第四區管理處及第八區管理處已於 103 年完成監控整合工程，第一區管理處、第二區管理處、第三區管理處、第七區管理處及第九區管理處，亦於 104 年完成監控整合工程。第五區管理處、第六區管理處、第十區管理處、第十一區管理處及第十二區管理處，預定於 105 年完成監控整合工程(6)。
- (四)各地區監控整合工程完成後，僅初具「智慧水網」之雛型，尚待未來持續精進監測站點之佈設密度、各項設備監測功能之增設提升及智慧水網軟體系統之導入，方能逐步達到智慧水網之建置目的：提升效率、降低成本、確保供水穩定可靠。

參考文獻

1. Smart Water Networks Forum(2010), "A Layered View of Data Technologies for the Water Distribution Network". http://www.swan-forum.Com/uploads/5/7/4/3/5743901/__swan_water_network_layers.pdf

2. Whittle, A. J., Allen, M., Preis, A. and Iqbal, M. (2013), "Sensor Networks for Monitoring and Control of Water Distribution Systems", Proc. The 6th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure, Hong Kong. <http://cee.mit.edu/system/files/SHMII-v6.pdf>.
3. Smart Water Networks Forum (2009), "Introduction to Smart Water Networks". http://www.swan-forum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/_swan_what_are_smart_water_networks.pdf
4. Navigant Research (2013), "Smart Water Networks", <http://www.navigantresearch.com/research/smart-water-networks>
5. JSB Market Research (2015), "Smart Water Management Market Forecast to 2020", <http://www.jsbmarketresearch.com/telecommunications/r-smart-water-management-market-by-solutions-by-services-by-smart-meter-types-by-region-global-foreca>

st-180596.

6. 台灣自來水公司 (2014), "自來水系統監控整合及介接總管理處應用建置" 修正計畫.

作者簡介

李丁來先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處處長

專長：自來水工程規設、自來水營運管理及研究

趙全明先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程員

專長：流量計量、帳損改善

黃正中先生

現職：自來水公司漏水防治處南表場工程員

專長：自來水工程、流量計量

郭得祿先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處組長

專長：自來水工程、水資源管理

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

98 年 2 月 10 日第十六屆理監事會第十次聯席會議審議通過(99 年 5 月部分修正)

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」會刊論文中評定給獎論文，最多三篇，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貳萬元整，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，推薦 6-9 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，選出給獎論文，報經本會理監事會議遴選核定後公佈。

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。

直接給水設備與新式供水技術

文/朱健行

一、前言

通常人們所稱的二次供水，是指單位或個人將城市公共供水或自建設施供水經儲存、加壓，通過管線再供給用戶或自用的形式或系統，如此之供水方式在台灣地區亦可以說是直接給水；直接給水是高層供水的唯一最佳選擇方式。直接給水設施是否是計畫建造、設計或是建設的優劣則直接關係到國計民生與直接給水水質、水壓和供水安全，與老百姓正常穩定飲用自來水的生活密切相關。

直接給水設備主要為彌補管網供水管線壓力不足，為了居家公寓、生活在高層樓之用戶用水而建立的。比較原水供水，就怕直接給水的水質被污染，直接給水的安全性和可靠性受到市民的廣泛重視。往後一但凡是需應對建設直接給水無水塔供水設備或缺乏建築空間時，或高樓建築必須獨立設置時，直接給水工程有必要與主體建築物同時設計、施工，同時交付使用及共同維護管理。

通常我們所說的直接給水設備，亦稱增壓直接給水，一般指的是無負壓變頻供水設備，也叫變頻無負壓供水設備。傳統的供水方式離不開蓄水池，蓄水池中的水是由一般自來水管供給，如此有壓力的水進入水池後洩壓變成壓力零，除重力供水外，若需再加壓將再耗能，白白造成大量的能源耗費。台灣為非能源生產國，凡事應以節能為首要。

無負壓供水設備是一種理想的節能供水設備，是一種能直接與自來水管網連接，

且對自來水管網理論上不會產生副作用的直接給水設備，在管網壓力的基礎上直接疊壓供水，節約能源，並且還具有全封閉、無污染、佔地量小、安裝快捷、運轉可靠、維護方便等諸多優點。

二、供水設備

(一)無負壓供水設備

無負壓供水設備正常使用時，管網的水進入無負壓穩流罐，罐內的空氣從排氣閥大量排出。當空氣排完時，閥內浮球被餘水浮起，傳動塞頭至關閉位置，慢慢關閉排氣口，直至停止排氣，防止出水；當穩流罐內水流正常輸送時，如有少量空氣聚集在閥內到相當程度，閥內水位下降，浮球隨之下降，此時空氣則由排氣孔排出。無負壓供水設備正常運行過程中，當管網供水量不足時，配水管管內水流淨空時，或穩流罐內水壓低於大氣壓時，穩流罐內水位下降，浮球隨之下降，帶動塞頭開啟，吸入空氣，使穩流罐內保持大氣壓力，不至對配水管網產生負壓。

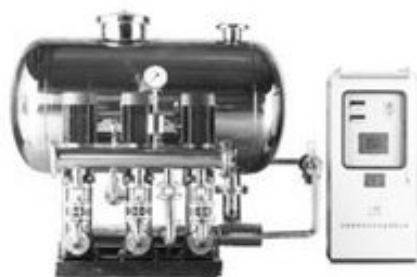


圖 1 無負壓供水設備

(二)囊式氣壓供水設備

- 1.採用囊式氣壓自動給水設備，不需設屋頂水塔，尤其在空調、取暖系統中更為安全可靠。
- 2.空氣自來水不混合，水質不受污染，滿足飲用水水質水量需求。
- 3.運轉振動小，噪音低；能自動消除管網水錘，避免了對系統的衝擊破壞，運轉壓力穩定可靠。
- 4.設兩台水泵，交替或並聯運轉，確保避免充分的啟動間隔，節電效果明顯，同時解決了故障停機的斷水之顧慮。
- 5.普利龍囊式氣壓自動給水設備安裝簡單，維修方便，利於集中管理。
- 6.減少工程造價，與各種傳統氣壓給水設施相比可節省投資 40%。



圖 2 囊式氣壓供水設備

(三)變頻恆壓設備

變頻恆壓供水設備是自動控制、高效率且低耗能的新型供水設備。本設備採用進口原裝的變頻器(台灣已可生產)內置 PID 調節控制器，利用可程式控制器，可根據管網間的壓力和流量變化自動調節水泵的轉速及多台水泵的啟停，在滿足用戶流量需求的基礎上，使供水壓力始終恆定在預先設定的壓力上，整套系統設計合理，運轉可靠。



圖 3 恆壓變頻變速泵浦組

(四)強制疊壓設備

隨著現代供水技術的發展，GHG VI 無吸程管網疊壓供水設備是一種在原有管網水壓力基礎上再次加壓的新一代供水設備，突破了以往只能對無壓水進行加壓的誤導，並且通過對流體流態的控制保證了設備限量增壓，不對管網產生壓力強弱影響。安裝普利龍 GHG VI 型無吸程強制疊壓節能供水設備，可解決自來水由於管網壓力受限制不能送達用戶的問題，滿足遠端高地勢用戶的需要。GHG VI 型無吸程強制疊壓供水設備採用了全自動智能疊壓調配技術，欠壓調配技術，全封閉帶壓穩流補救技術，運轉穩定，出水壓力波動小，並且不影響相鄰管網的壓力。可廣泛應用於水管網的直接增壓，具有極大的經濟效益和社會利益。



圖 4 強制疊壓設備範例

(五)箱式無負壓設備

無負壓最重要的特點就是與幹管配水管網直接串接，不間斷地從供水管網取水向用戶供水，普利龍箱式無負壓供水設備；水箱的設置，是做為差量補救用的，適用於高峰期之箱式無負壓設備。



圖 5 箱式無負壓設備範例

也依然能夠利用配水管網在最低應用壓力下的最大供給量；同時用戶用水的差量靠水箱來彌補。徹底改變了以前的箱式無負壓是在用水高峰時完全切斷管網供水，從水箱取水的供水方式，之前的技術其實就是採用變頻水箱，根本就不是無負壓。

普利龍箱式無負壓水箱容積率小，更加節省占地面積。水箱的容積越小，內部的水也就越容易循環，水質更新鮮。因而在保證高層小區、辦公室大樓等建築供水壓力的同時，也保證了自來水的水質。

(六)別墅供水

別墅增壓供水（配置了 PID 數字控制型專用變頻器）和連接直接給水零件全部使用不銹鋼材質。供水管網壓力保持恆定，整個供水系統始終保持高效節能的最佳狀態。

三、設施原理

直接給水設備，一般設在地上或地下



圖 6 別墅增壓供水設備

室。有自來水的用戶，運用該設備可以調度尖峰用水量，增加水壓，能在尖峰用水時，滿足大面積用水和高樓層用水。沒自來水的地區、工廠或村莊，只需將該設備接水源電源，即可得到安穩的水量水壓，滿足用水需求。直接給水設備由氣壓罐、水泵及電控系統三種類設備組成，其特殊利益是，不需建設水塔，出資小、佔地少，組織順暢，建築成效快。選用水氣自動調度、自動作業、節能與自來水自動連成網絡，停電後仍可供水，定期調節保養後不需派人看守。廣泛用於商業、辦公室、企業工廠等、立式無水塔供水住宅區及村莊的出水、每日各行業之作業供水。適用於用戶在 5000 戶以內，日供水量在 3000m^3 以內場所，供水高度達 100 米以上。

直接給水設備選用氣壓式供水，運用密封罐體，運用罐內高壓氣水壓力達到供水目的。具體作業依次是由水泵浦將水通過逆止閥壓入罐體，使罐內氣體遭到緊縮，壓力逐漸增大。當壓力抵達指定上限時，配電盤壓力表通過控制櫃，使泵機自動接連。設備中的水壓高於外界管網壓力，自動送水直至供

水管網。當罐體內水位下降，變頻恆壓供水罐內氣體膨脹，壓力減小到指定的下限方位時，配電盤壓力表通過控制櫃使水泵重新啟動。如此重複，使設備不斷供水。當罐內氣體缺少時，補氣閥可自動補氣。

四、直接給水優缺點

(一)給水方法

傳統的供水辦法選用水池“水池—水泵浦—水箱”聯合供水的辦法，即水由配水管網至水池，運用水泵提升和水箱調度流量。該方案雖然可以滿足供水的壓力和流量，可是由於自來水被放入水池中，使得自來水原有壓力得不到運用，浪費了動力。

“一同修建水池和一水箱，”聯合供水的辦法，即水由配水管網至水池，運用水泵提升，和水箱調度水量。該方案雖然可以滿足供水的壓力和流量，可是由於自來水被放入水池中，使得自來水原添加了基礎建造費浪費。選用無負壓供水設備可直接串接在自來水管網上，從頭到尾真空控制器及穩流補償器中的檢測設備用來阻止供水管網不發生負壓，可充分運用供水管網原有的壓力，差異多少，即補多少，使無負壓供水設備的選擇條件減小，節省出資，一同在運用進程中也不會構成設備和動力的浪費。



圖 7 無水塔供水設備

(二)供水質量

傳統的供水辦法，極易發生二次污染(間接汙染)，由於在水流入水池和水箱的進程中，各種雜質、污染物很簡單進入水中，尤其是夏天，水質極易蛻變、變味，嚴重的污染了水源，影響了我們的身體健康。另外，假若設計、施工進程中，水池水箱的製作和防腐資料選擇不當，也將直接污染水質。而無負壓供水設備為全封閉作業，水與空氣不直接接觸異物與雜質不能進入管網系統，保證了供水系統的水質安全；同樣的，設備本身選用了不銹鋼優質材質或採用防腐處置，以致不會繁衍藻類，確實不污染水質，滿足我們對飲用水越來越高的衛生需求。

(三)節省成本

好的供水辦法，需要建造飲用水貯水池和水箱，用戶貯水池容積(在短少資料時)按最高日用水量的 20%~25%判定，由水泵聯動提升進水的水箱供用戶用水調度容積，不宜小於最大用水時水量的 50%。

同時為保證水質，防止被污染，還需設置紫外線消毒等多套直接給水消毒設備。而變頻無水塔供水設備可與自來水管網閉式聯接，不需修建水池和水箱，同時可省去因間接污染，而增加消毒處置費用。

(四)節能、節水、省空間

在節能方面，無負壓供水設備直接聯接於自來水供水管網上，可充分運用自來水管網原有壓力；而傳統的供水辦法將自來水放入水池中，壓力變為零，再由零起始加壓，構成能量的浪費，用水量越大，浪費的動力就越多；在節水方面，由於無負壓供水設備

選用的是全封閉系統，徹底解決了有水池、水泵、水箱的爆管、冒水、漏水、滴水等浪費水源的現象，一同也節省了不定時清洗水池、水箱而構成的水資源的浪費；在省空間方面，傳統的供水辦法需在室外、消毒間(有時由於水箱設置高度太低而須加設管線泵等加壓設備)。而無負壓供水設備佔地小，且可多棟樓房直接給水合用，可節省了這部分面積作為他用。

(五)作業處理

傳統的供水辦法中所設的用戶水池、水箱均需定時清洗和處置，作業還需人工監控。而無負壓供水設備能在設備設定的供水壓力下，全自動作業，還可進行遠距離監控。

(六)設計、設施

無負壓供水設備需要供水管網管徑較大。對供水、供電需求高，增加室外管線。

五、作業要論

(一)兩種作業方法：

- 1.主動作業方法：主動方法是作為正常水狀態下的一種作業方法。通常來講，當客戶正常供水後即選定該種方法，在主動方法作業時，全部管網的不一樣供水需求，都將在無負壓供水設備有用的操控之下，進行多種功用的適應作業。
- 2.手動作業方法：該操作方法是當主動作業方法發生毛病時，為用戶應急設置的一種作業方法，該作業方法徹底選用最簡略的發動方法，這種方法在操作面板上直接啟停任何一台水泵電機，通常只有在主動失靈或調整測試的情況下才選用。

(二)簡單併入智慧型處理體系，首要零件選用優質元件，整套體系具有很高的可靠

性和抗干擾性，其自帶的規範串聯通訊口（RS485），使得系統與計算機的通訊非常便利。

- (三)水位維護功用，當水罐水位低設定水位，系統主動維護停機。液位操控器功用安穩可靠。
- (四)主動復歸功用，停電後來電時或水位恢復時體系主動發動。
- (五)損壞泵屏蔽功用，損壞泵屏蔽後直接退出運作順序，由備用泵頂替作業。
- (六)主動維護功用：有過載、過流、短路、缺相、超壓、欠壓及缺水停機主動維護功用。

1.主要形式

直接給水的主要形式有不設地下水池和不用水泵加壓的直接給水與不用水泵加壓的直接給水，如屋頂水箱、水塔；設地下水池和水泵加壓的直接給水，如加壓後經屋頂水箱、氣壓儀、變頻調速水泵的直接給水。

2.節能原理

二次供水設備是通過改變輸入到交流電機的電源頻率，從而達到調節交流電動機轉速的目的。根據流體力學的基本定律可知：水泵類設備均屬平方轉矩負載，其轉速 N 與流量 Q 、壓力（揚程） H 以及軸功率 P 具有如下關係：

$$\odot Q_1/Q_2=N_1/N_2; (1)$$

$$\odot H_1/H_2=(N_1/N_2)^2; (2)$$

$$\odot P_1/P_2=(N_1/N_2)^3; (3)$$

$\odot Q_1$ 、 H_1 、 P_1 ----水泵在 N_1 轉速時的流量、壓力（或揚程）、軸功率

$\odot Q_2$ 、 H_2 、 P_2 -----水泵在 N_2 轉速時的相似現場條件下的流量、壓力（或揚程）、軸功率。

- ◎將供電頻率由 50HZ 降為 45HZ，
- ◎則 $P_{45}/P_{50}=(45/50)^3=0.729$ ，
- ◎即軸功率 $P_{45}=0.729P_{50}$ ；
- ◎將供電頻率由 50HZ 降為 40HZ，則
- ◎ $P_{40}/P_{50}=(40/50)^3=0.512$ ，
- ◎即軸功率 $P_{40}=0.512P_{50}$ 。

二次供水設備水泵一般是按供水系統在設計時的最大工况需求來考慮的，而用水系統在實際使用中，有很多時間不一定能達到用水的最大量，一般用閥門調節增大系統的阻力來節流，造成電機用電損失，而採用變頻器可使系統工作狀態平緩穩定，通過改變轉速來調節用水供應，並可通過降低轉速節能收回投資成本。

面臨問題是直接給水主要與屋頂水箱與地下水池有關。大陸地區 2013 年屋頂水箱在上海就有 10.7 萬只，南京 3.5 萬只；地下水池，在廣東佛山就有 9477 只，廣州 32972 只，上海 6394 只。暴露的主要問題是水質污染問題，水質得不到保障；設施陳舊，設計、安裝存在的問題較多；管理薄弱、甚至無人管理。對已建直接給水設施的改造，最突出的問題是屋頂水箱，對於屋頂水箱有兩種意見：一是取消，二是改造。取消屋頂水箱者，杭州、南京等作了深入研究，認為取消屋頂水箱的前提是要提高壓力（杭州要提高 13-17m，南京要提高 12m），增加尖峰供水量（杭州測算 K_h 從 1.17 提高到 1.35，南京測算要增加 L_{3N} ），為此，管網中要增設加壓站和水庫，要改造和更換輸配水管道。全部取消屋頂水箱，杭州測算共需投資 11.47 億元，南京測算要投資 15.47 億元。取消屋頂水箱後，杭州每年需增加電費 1145.8 萬元，南京需增加 1547 萬元。贊成保留和改造屋頂水箱

的認為，只要管理正常、清洗及時，屋頂水箱問題就不會太嚴重，屋頂水箱需要改造的是縮小容積，水箱內部塗襯、更換不合格的進出水管和閥門等。

城市直接給水方式的選擇是城市供水提高和發展中需要解決的一個重要課題。

對已建的直接給水設施改造，特別是取消還是保留屋頂水箱問題是一個複雜的系統工程，要在充分論證的基礎上慎重進行。

對新建的城市多層住宅的直接給水，要在全面技術經濟比較基礎上選擇，要鼓勵和發展從管芯上直接抽水的穩流補償變頻調速的直接給水技術。

城市供水方式的合理發展是適當提高城市供水能力，發展城市市政的直接給水。

六、法規

即將實施的建築規範對應建物直接給水實施的項目、建築物高度及配水管網供水與直接給水接合點做了明確規定：凡是公共建設高度超過 12 米，住宅樓超過 6 層的結合點做了明確規定：必須設計商住混用的住宅樓底商在兩層或以上的按公共建設對待；直接給水設施必須獨立設置，不得與消防等設施用；同時施工、同時交付使用；嚴禁設計、建設地埋或半地埋式水箱；對於直接給水設施的材質，應優先選用無滲漏的不銹鋼水箱和新型環保抗菌管材，嚴禁使用國家命令淘汰的器材；水箱總有效容積不應超過 36 小時的生活用水量，容積大於 50 立方箱必須分為兩格，並能獨立工作。

直接給水設備是指供水行業的經營者通過實地勘測、試驗、研發的一種解決居民用水問題的設備。它是在國家配水管網或者居民自用供水設備的基礎上實現直接給

水，以滿足廣大用戶的用水需求。

直接給水設備主要是由氣壓罐、水泵和控制系統等部件組成的。直接給水設備投資少、佔地面積少、靈活、便捷。適合於各大高層居民用戶、城市廣場、校區別墅、學校醫院等。直接給水設備採用自動運轉、節能與自來水自動並網，停電後仍然可以實施供水。

七、結論與建議

(一)結論

二次供水設備是指供水行業的經營者通過實地勘測、試驗、研發的一種解決居民用水問題的設備。它是在幹管管網供水設備的基礎供水，以滿足廣大用戶的用水需求。

二次供水設備主要是由氣壓罐、水泵和控制系統等部件組成的。設備投資少、佔地面積少、靈活、便捷。適合於各大高層居民用戶、城市廣場、校區別墅、學校醫院等。二次供水設備採用自動運轉、節能與自來水自動並網，停電後仍然可以實施供水。

二次供水設施主要為彌補市政配水管網壓力不足，保證居住、生活在高層人群用水而設立的。相比原水供水，二次供水的水質更容易被污染，二次供水的安全性和可靠性一直都受到市民的廣泛關注。今後凡是應建二次供水設施的建設項目，二次供水設施必須獨立設置，工程必須與主體工程同時。二次供水設備由氣壓罐、水泵及電控系統三部分組成，其突出優點是，不需建造水塔，投資小、佔地少，佈置靈活，建設投資成效快。採用水氣自動調節、自動運轉、節能與自來水自動並網，停電後仍可供水，調試後不需看管。廣泛用於企業單位、住宅區及農

村的生產、生活、辦公供水。適用於供水戶在 5000 戶以內，日供水量在 3000m³ 以內場所，供水高度達 100 米以上。

二次供水設備，一般設在地面或地下室。有自來水的單位，使用該設備可以調節高峰用水量，增加水壓，能在高峰用水時，滿足大面積用水和高樓層用水。沒自來水的地區、工廠或農村，只需將該設備接通水源電源，即可得到穩定的水量水壓，滿足用水需要。設計、同時施工、同時交付使用。

連續型：一天內很少有流量為零的時候，或本身管網的正常壓力洩漏就保持有一定的流量，例如：大型賓館、飯店、工礦企業的加壓系統等。

間歇型：用水低谷時間較長且流量很小或為零，例如：小型辦公樓、寫字樓、商住樓、各類住宅，及生產用水等同時還應考慮在供水的某一段時間內流水的不同等多方面的因素。

消防供水設備以及噴淋供水設備一般應選擇氣壓式給水設備。因其長期處於系統保壓狀態，無流量的變化。氣壓式給水設備可以應付一般的管內的洩漏。並增加一台小流量的副泵，平時就無需啟動主泵，可節省能源。

(二)建議

- 1.適用於任何自來水壓力不足的地區的加壓供水。
- 2.新建的住宅小區或辦公大樓等生活用水。
- 3.低層自來水壓力不能滿足要求的消防用水。
- 4.改造原有的氣壓供水設備。
- 5.必須建水池的，可以採用無負壓的設備與

水池共用的供水方式，進一步節能。

6. 自來水廠的大型供水中間加壓泵站。
7. 工礦企業的生產、生活用水等。
8. 各種循環水系統。
9. 尤其適應於對水質要求特別嚴格的供水場合。
10. 為方便設備安裝、保養、設備四周應留 70cm 空間，人孔處應保留 1.5m 空間，四周地面應設排水溝。
11. 選定場地後，要處理好地基、在用混凝土澆注或用磚石砌築罐體支承座。待基座完全固化後，再吊裝罐體並放穩，隨後安裝附件，接通電源。
12. 在試車前，應先關閉供水閥，檢查各密封閥情況，不允許有洩露現象，開車後，應注意機泵轉向。當壓力表指針到上限時，機泵自動停止。打開供水閥，即可正常供水、如需定時供水，可把選擇開關扳到手動位置。
13. 本設備泵機組應經常檢查。離心泵和止回閥如發現漏水現象，應及時緊固法蘭螺絲或更換石棉根，檢查機泵底腳螺栓不能鬆動，以防損壞機器。

參考文獻

1. 二次加壓給水設備，www.taobao.com/product/。
2. 二次供水檢測，Pony 譜尼測試集圖。
3. 呂慶元，二次供水之研究，第31屆自來水研究發表會，103年11月14日。
4. 呂慶元，建置用戶之水質及水量監測，確保用戶端之供水品質，第32屆自來水研究發表會，104年11月17日。

作者簡介

朱健行先生

現職：臺北自來水事業處教育中心三級工程師

專長：自來水給配水規劃、氣候變遷

福馬圳圳尾取水供應彰濱工業區工業用水之探討

文/李嘉榮、王亮中、楊凱鈞

摘要

近年來全球氣候變遷，台灣地區水資源環境呈現大幅變化，降雨異常、旱澇災害等極端氣候現象交替發生，地面水源因受氣候變遷衝擊變得脆弱，直接影響水資源利用。再加上台灣地區人口及產業逐年成長，生活及工業需水量不斷增加，亟需重新定位水資源整體發展策略，以全方位水資源規劃思維，依區域特性擬定多元化水資源開發方案，妥善利用生活汙水、工業農業廢水、海水、貯留雨水、丙丁等水體水源…等以合理利用水資源，並達成未來用水需求成長供需平衡及提高供水可靠性。

彰化地區自來水目前每日供水量約 36 萬噸，其中由台中地區支援每日 8 萬噸，其餘 28 萬噸係抽用當地地下水，惟彰化地區因長期超量抽用地下水，導致地層下陷並持續往內陸延伸，為加強國土保育，地下水源逐年減少為政府近年之重要施政方針。本文主要說明彰化地區在氣候變遷不利供水、傳統水資源開發不易及地下水逐年減量之條件下，如何多元化開發水資源，以因應彰濱工業區產業用水成長需求。

關鍵字：福馬圳、彰濱工業區、工業用水

一、前言

近來彰濱工業區因國內外大廠進駐而需水量大增，北彰化自來水系統目前供水能力已達飽和，為減緩彰化地區自來水系統負擔，經濟部決議彰濱工業區短期用水需求，可自烏溪剩餘水量中取用 5 萬 CMD 川流水

借道福馬圳送彰濱工業區內專設淨水場處理供應。惟福馬圳水源來自於烏溪，其水體為丙類水體，因計畫取該水源將其淨化為工業用水，故針對相關之取水、淨水設備加以探討，以期能符合彰濱工業區工業用水之需求（計畫範圍如圖 1）。



圖 1 計畫範圍示意圖

本計畫參考「烏溪下游河段水資源再利用工程可行性規劃」，擬定圳尾原水抽水站相關工程(包括取水口、抽水站、導水管及淨、廢水處理設備)，分水井進水口處之原水濁度在 500NTU 以下時，其淨水場設計出水量應達 50,000m³/day(以下簡稱 CMD)，調節池加清水池容量不少於 20 萬噸；廢水處理設備以處理 5.0%設計出水量、乾污泥量以約 5.62T/day 設計（各施工單元規劃位址如圖 2）。

二、水源、水量與水質探討

(一)水源

福馬圳至四六股分水門後分為四股圳及六股圳，因六股圳水量穩定度低且水質不佳，故以福馬圳及四股圳作為主要輸水圳路。



圖 2 主要施工單元位址示意圖

淨水場設計出水量為 50,000CMD，考量圳道輸水損失(約 21,226CMD)後，圳頭取水需增加之取水量為 0.82cms(約 71,226CMD)，而目前福馬圳最大取水量約 7.98cms(最大水權量)，因此推估福馬圳圳尾取水計畫引水量約為 8.80cms。相關分析如表 1 所示。

表 1 福馬圳圳頭增加取水量評估表

項 目	單位	圳尾取水
計畫用水量	噸/日	50,000
淨水場	淨水場出水量	噸/日 50,000
	淨水處理水量損失	% 5.00
	淨水場進水量	噸/日 52,500
	蓄水池出水量	噸/日 52,500
蓄水池	蒸發量	噸/日 176
	蓄水池進水量	噸/日 52,676
	管線長度	m 3,590
輸水管線	管線輸水損失	% 0.00
	取水工進水量	噸/日 52,676
	使用圳路長度	m 14,925
圳路	單位長渠道輸水損失	%/km 2.31
	渠道輸水損失	噸/日 18,163
	蒸發量	噸/日 387
	圳頭取水量	噸/日 71,226
圳頭增加取水量	cms	0.82

資料來源：烏溪下游河段水資源再利用工程可行性規劃(101 年 10 月)及本計畫自行整理。

(二)水質

彰濱工業區主要工業用水需求為鍋爐用水及冷卻用水。其中鍋爐用水因考量其操

作之安全性，故原水中之硬度為其主要需求。另因冷卻用水已占工業用水量之大宗，惟迄今國內尚未明訂工業冷卻用水標準，本計畫參考「自來水水質標準」後研訂「彰濱工業區工業用水水質標準」(如表 2)作為本計畫淨水場之標的水質。

因所取用之水體為丙類，為確保淨水場處理後之水質可符合研訂之『彰濱工業區工業用水水質標準』，故針對本水體原水水質進行追蹤取樣，經分析水質常態性超限項目為大腸桿菌群、總菌落數、濁度、錳及鐵等共計 5 項，經常性超限項目為臭度 1 項，偶發性超限項目為氨氮 1 項，其餘檢測項目未有超限之現象 (詳表 3)。

表 2 彰濱工業區工業用水水質標準

編號	項目	標準	容許範圍	單位
01	大腸桿菌群密度(單一細菌水樣)		6.00	CFU/100mL
02	總菌落數		100.00	CFU/mL
03	濁度		4.00	NTU
04	色度		15.00	鉻鉍單位
05	臭度		3.00	初嗅數
06	鉛		0.05	mg/L
07	砷		0.05	mg/L
08	砷		0.05	mg/L
09	鎘		0.05	mg/L
10	鎘		0.005	mg/L
11	銀		0.05	mg/L
12	汞		0.002	mg/L
13	鐵		0.30	mg/L
14	錳		0.05	mg/L
15	銅		1.00	mg/L
16	鉍		5.00	mg/L
17	氟離		0.05	mg/L
18	氟離		0.80	mg/L
19	氟離		250.00	mg/L
20	硫酸鹽		250.00	mg/L
21	氯氣		0.50	mg/L
22	硝酸鹽氮		10.00	mg/L
23	總溶解固體量		800.00	mg/L
24	酚類		0.001	mg/L
25	陰離子界面活性劑		0.50	mg/L
26	總硬度		400.00	mg/L
27	pH		6.00-8.50	-

表 3 水質超限項目暨超限頻率分析表標準

NO	水質項目	超限次數			檢測次數	超限		備註
		豐水期	枯水期	小計		頻率	範圍	
01	大腸桿菌群	7	10	17	17	100.00%	50.0~100.0%	常態性
02	總菌落數	7	10	17		100.00%		
03	濁度	7	9	16		94.12%		
04	錳	7	9	16		94.12%		
05	鐵	7	7	14		82.35%	30.0~49.9%	經常性
06	臭度	3	3	6		35.29%		
07	氯氣	1	3	4		23.53%	0.1~29.9%	偶發性
08	色度	0	0	0		0.00%	0.0%	未超限
09	總硬度	0	0	0		0.00%		
10	氯鹽	0	0	0		0.00%		
11	硫酸鹽	0	0	0		0.00%		
12	氯鹽	0	0	0		0.00%		
13	硝酸鹽氮	0	0	0		0.00%		
14	總溶解固體物	0	0	0		0.00%		
15	總硬度	0	0	0		0.00%		
16	陰離子界面活性劑	0	0	0		0.00%		
17	鉛	0	0	0		0.00%		
18	鎘	0	0	0		0.00%		
19	鉛	0	0	0		0.00%		
20	砷	0	0	0		0.00%		
21	硒	0	0	0		0.00%		
22	汞	0	0	0		0.00%		
23	銅	0	0	0		0.00%		
24	鋅	0	0	0		0.00%		

資料來源：台灣自來水公司第十一區管理處大水樣月報表及本計畫自行整理。

三、取水、抽水、淨水設施

為將取用之原水淨化處理以達到研訂之「彰濱工業區工業用水水質標準」及確保持續且穩定供水，故將針對取水口、圳尾原水抽水站、導水管、新設淨水場等四大工項進行探討。

(一)取水口

1.設置原則

- (1)減少泥砂取入，並須設置初沉設備及具清淤功能。
- (2)取水應避免汲取到海水及污染源。
- (3)設備需有備援之考量，以降低風險。

2.取水位置

因寓埔制水門下游排水路具原水沉澱功能，該水路為明渠有利清淤，此取水點至抽水站距離約 11m，故制水門前水位與前池操作水位相差甚小(約相差 0.1m)，因前池具較高之操作水位，且水質差異有限，不影響處理程序，故於圳尾原水抽水站旁設置取水

口，並於寓埔制水門下游 1,200 公尺處新設制水門取水。

(二)圳尾原水抽水站

依據「寓埔制水門至初沉池間是否需於國有地增設抽水站評估報告(台灣自來水公司，2014.11)」，考量海水入滲原水鹽化之機率，及評估施工難易度、營運維護、工期及經費等因素，圳尾原水抽水站規劃於彰化縣線西鄉重振段 1109、1110、1111、1112、1113 等共 5 筆之國有土地，惟 1109、1112 及 1113 等 3 筆土地現遭民眾占用，未來取得恐較為費時。

(三)原水導水管

導水管之埋設範圍自寓埔制水門下方之新設取水口至本計畫淨水場場址約 3.6km，須跨越慶安水道，故分為原水導水管(一)、水管橋、原水導水管(二)施設。

1.原水導水管(一)

埋設路線將沿寓埔路埋設，穿越台 61 線後至慶安水道與新設水管橋銜接跨河，該段埋設管徑及長度為 Ø1000m/mDIP 管-400m。

2.水管橋

本計畫跨河區段僅穿越慶安水道 1 處，估計水管橋起點(慶安水道左岸-台 61 線)至終點(慶安水道右岸-慶安路)，裝設管徑及長度為 Ø1000m/mSP 管-300m。

3.原水導水管(二)

水管橋至淨水場因彰濱東五路、彰濱路其道路下方均已埋設自來水、污水、電力、電信及照明等管線，故原水導水管(二)埋設路線及選定按慶安路→慶安南一路→淨水場(如圖 3)該段埋設管徑及長度為 Ø1000m/mDIP 管-2950m。

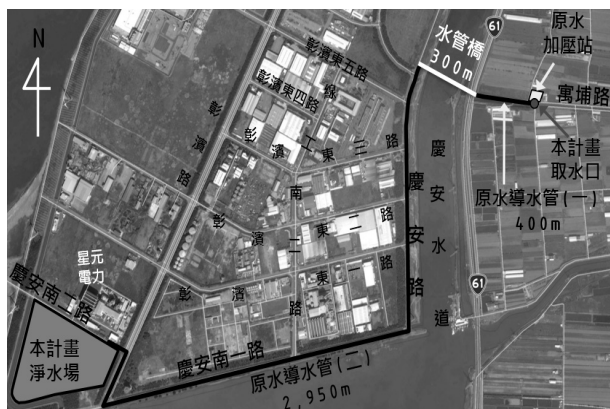


圖 3 原水導水管理設路線示意圖

(四)新設淨水場

1.水質因應對策

為能符合工業用水水質標準，針對原水水質追蹤取樣分析結果(表 3) 超標項目擬定因應對策，並作為淨水場處理單元處理流程與配置之基準；屬常態性超限者為大腸桿菌群、總菌落數、濁度、錳及鐵；經常及偶發性超限項目為臭度及氨氮。

- (1)大腸桿菌群及總菌落數：添加強氧化劑(氯或高錳酸鉀)，以降低大腸桿菌群及總菌落數。
- (2)濁度：需設置混凝池、膠凝池、傾斜管沉澱池、快濾池等處理單元，達到降低濁度及非溶解性重金屬等。
- (3)錳、鐵：設置氣曝塔先予氧化，並配合混凝、沉澱等過濾程序，可有效去除鐵、錳。
- (4)臭度：設置氣曝塔，除氧化鐵、錳外，亦可去除水體中之硫化氫及氨類等氣體，並配合前加氯程序去除生物性臭味。
- (5)氨氮：採用折點加氯方式去除至符合本計畫研擬之水質標準。
- (6)藻類：考量圳路上游恐有營養鹽流入，使原水調節池發生藻類繁殖進而增加淨水處理難度。參考國內淨水場實場案例，預氯處理可消除藻類、菌類、鐵錳、異味、

氧化氨氮及有機物等成效。其它細胞介於 10~30 μm 之藻類，則於原水調節池做好前端防治措施(如曝氣設備及預氯處理)及出水管控(如分層出水設備)，藉以保持水體流動率並抑制藻類增生，避免後端快濾單元經常阻塞進而影響淨水場之供水能力。

2.淨水設施

依據前述因應對策規設場內相關淨水單元，依序如下：

(1)氣曝塔

依據水質監測數據水質中鐵、錳皆為常態性超限項目，故規設氣曝塔以增加水中含氧率，氣曝池總高度約 9.8m，設置 2 組，每組 2 池，每池 3 層氣曝層板。

該設施位於調節池前端，包含氣曝層板和集水池，氣曝層板共設置 3 層，每層淨尺寸為 16.0m(長) $\times$ 8.0m(寬) $\times$ 0.3m(有效水深)，每層面積約 128 m^2 ，符合自來水設備工程設施標準之要求；集水(反應)池每池淨尺寸為 8.0m(長) $\times$ 8.0m(寬) $\times$ 4.5m(有效水深)，設備淨面積共計 256 m^2 ，停留時間約 32min。

(2)原水調節池

調節池除可調勻貯存原水外，並可沉澱原水中之懸浮固體物，有利於原水濁度之改善。

調節池共分 A、B 兩池蓄水，A 池採矩形設計，蓄水容量 52,500 m^3 ；B 池採梯形設計，蓄水容量 52,550 m^3 ，總容量合計約 105,050 m^3 ，合計停留時間為 96.05hr。

(3)分水井

為區分每場獨立淨水設備，故設置分水井以為配水之用，分水井設置 1 組，每組 1 池，每池淨尺寸為 9.7m(長) $\times$ 4.0m(寬) $\times$ 2.0m(有效水深)，停留時間約 127.21sec，設備淨面積約 38.8 m^2 。

(4)量水槽

為掌握淨水場處理水量，故規設量水設備以便計量、指示、記錄其水量之變動，量水槽共設置 1 組，每組 2 槽，每槽淨尺寸為 13.8m(長)×4.6m(寬)×1.96m(有效水深)，設備淨面積共計約 127m²。

(5)快混池

快混池設置 1 組，每組 2 池，每池 2 段，第一段快混池淨尺寸為 1.5m(長)×1.5m(寬)×1.5m(有效水深)，停留時間約為 11.08sec，淨面積為 4.50m²；第二段快混池淨尺寸為 1.8m(長)×1.8m(寬)×3.0m(有效水深)停留時間約為 31.87sec，淨面積為 9.7m²。

(6)膠凝池

原水膠凝池其滯留時間約為 20~60min，本單元膠凝池滯留時間應在 30min 以上，平均速度差(G 值)10~75sec⁻¹之間；速度差與滯留時間之乘積(GT 值)在 10⁴~10⁵間。

膠凝池僅須設置 1 組，每組 8 池，每池 3 段，每池分 3 段式膠凝(慢混)，每池淨尺寸為 5.1m(長)×5.1m(寬)×3.0m(有效水深)，總停留時間約為 48.77min，設備淨面積共計 624m²。

(7)傾斜管沉澱池

本場傾斜管沉澱池共設置 1 組，每組 4 池，每池淨尺寸為 31.00m(長)×10.33m(寬)×4.60m(有效水深)，鋪設傾斜管平面尺寸為 22.0m(長)×9.58m(寬)，前、後端各設有緩衝區。另傾斜管鋪設區之水平投影總面積表面負荷率約為 12.71m/day；該區水力停留時間約 1.75hr；傾斜管之重值流速約 0.05m/min；池底流速約 0.29m/min，設備淨面積共計約 1,285m²。

(8)快濾池

快濾池設置 1 組，每組 8 池，每池再細分為 2 小池，每小池淨尺寸為 6.4m(長)×4.0m(寬)×4.1m(有效水深)，採單層過濾，濾速為 128.17m/day(120m/day≤濾速≤150m/day)，設備淨面積共計約 410m²。

反沖洗砂井設置 1 組，每組 1 池，每池淨尺寸為 9.5m(長)×11.0m(寬)×4.00m(有效水深)，其設備淨面積共計 104.5m²；總容量約 419m³(≥313.77m³)。

(9)清水池

規劃分 A、B 兩池蓄水，A 池採矩形設計，蓄水容量 29,250m³；B 池採梯形設計，蓄水容量 71,875m³，總容量合計約 101,125m³，停留時間約 46.23hr。

3.廢水設施

本工程廢水處理設備係處理淨水過程中所產出之廢水及污泥，使其達到放流水質標準，並使廢棄污泥體積減量。

(1)廢水調勻池

本單元主要承接快濾池反洗廢水重力流，未具沉降分離功能之廢水池，蒐集並調勻快濾池之反洗廢水，使廢水均勻排至廢水沉澱池進行沉澱處理，廢水調勻池規劃設置 1 組，每組 1 池，每池淨尺寸為 12.0m(長)×10.0m(寬)×3.0m(有效水深)，停留時間約 6.86hr，設備淨面積約 120m²。

(2)廢水沉澱池

藉由重力作用或加藥將快濾池反沖洗水中懸浮物予以分離，並設計傾斜管以增加處理效果，分離的乾淨上澄液可以回收至分水井再使用，沉澱的底泥則排入污泥池，再經由濃縮池進行濃縮。

本場廢水沉澱池設置 1 組，每組 2 池。每池淨尺寸為 10.8m(長)×3.4m(寬)×4.3m(有效



水深)，停留時間約 6.02hr，設備淨面積約 74m²。

(3)污泥池

為調節傾斜管沉澱池與廢水沉澱池以重力流方式間歇排入之污水(泥)，污泥池將設置 1 組，每組 1 池。每池淨尺寸為 8.5m(D)×2.0m(有效水深)，停留時間約 6.71hr，設備淨面積約 57m²。

(4)污泥濃縮池與暫存池

為增加污泥濃縮池處理效果、增加廢水回收量及減少污泥曬乾床面積，因此採二段設計污泥濃縮池，並設計二段暫存池。其中，進入第一段污泥濃縮池前不加高分子凝聚劑(polymer)，故該段之上澄液仍可回收；進入第二段污泥濃縮池前則因考量曬乾床實際之處理效果，故原則上不添加高分子凝聚劑，以提昇回收之廢水量。

第一段污泥濃縮池設置 1 組，再細分 2 池。每池淨尺寸為 10.0m(D)×3.5m(有效水深)，停留時間約 35.47hr，設備淨面積約 157m²；第一段污泥濃縮暫存池共設置 1 組，每組 1 池。每池淨尺寸為 3.0m(長)×3.0m(寬)×6.4m(有效水深)，設備淨面積約 9m²。

第二段污泥濃縮池設置 1 組，再細分 2 池。每池淨尺寸為 7.0m(D)×3.5m(有效水深)，停留時間約 36.58hr，設備淨面積約 77m²；第二段污泥濃縮暫存池共設置 1 組，每組 1 池。每池淨尺寸為 3.0m(長)×3.0m(寬)×5.65m(有效水深)，設備淨面積約 9m²。

(5)污泥曬乾床

污泥曬乾床規劃之曬乾天數為 15 日，以自然曬(風)乾之方式降低污泥含水率，故曬乾床所需面積與乾燥日數，受當地氣候氣溫狀況影響甚大，因此將於污泥曬乾床上方

搭設棚架因應。

污泥曬乾床規劃設置 6 大床，每大床再細分成 2 小床，每小床淨尺寸為 20.00m(長)×10.00m(寬)×1.70m(有效水深為 0.85m)，曬乾床淨面積共計約 2,400m²。

(6)廢水放流池

第二段污泥濃縮池、曬乾床原則上並無添加高分子凝聚劑進行污泥調理，故其上澄液經廢水放流池固液分離後泵送至上澄液回收池，再進一步泵送至分水井回收使用；然污泥若經由高分子膠凝劑進行調理後，無論污泥後續加藥調理與否，依法規定其上澄液不得回收使用，以免有高分子膠凝劑殘留之疑慮，於此條件下，廢水放流水池之上澄液在符合放流水質標準後，將納管至工業區既有污水系統中處理。

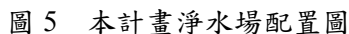
廢水放流池規劃設置 1 組，每組 1 池，淨尺寸為 8.5m(長)×2.5m(寬)×4.0m(有效水深)，停留時間約 12.10hr，設備淨面積約為 21m²。

(7)上澄液回收池

上澄液回收池設置 1 組，每組 1 池，每池淨尺寸為 5.5m(長)×2.0m(寬)×2.85m(有效水深)，設備淨面積約 11m²。

(8)污泥暫存場

依台水公司部分淨水場實際操作情形，如汙泥餅無法即時運除時，則將暫存於場內之貯存場。經計算乾污泥量每天約產生 18.5m³，而本場之乾污泥暫存場設備佔地面積共計 1,000m²，容納天數可達 150 日。另於暫存場上方搭設棚架，避免儲存之乾污泥受雨水淋濕致使清運不便及環境髒亂等情事發生。(本計畫之淨、廢水流程如圖 4)、淨水場配置圖如圖 5)



1.工區地質現況

1.工區地質現況

2.工程性質對基礎之影響

評估，基礎面積 45m×28m 估算，容許載重約為 78 t/m²，大於快瀘池初估載重 15

綜上淨水場工址基礎承載及差異沉陷可滿足設計需求，惟土壤液化問題需進行地盤改良，才能確保日後結構之安全。

(一)工程計畫經費

1.取水口及抽水站工程

2.原水導水管(含水管橋)工程

3.淨水場工程

依據前述淨、廢水處理程序所擬之淨水場工程內容，建造成本共計約 11.88 億元。



4.總工程經費概估

綜上三項主體工程之經費，加計設計階段作業費用(約 0.2 億元)，總工程經費合計共 14.20 億元。詳表 4 工程費用估算表

表 4 工程費用估算表

成本項目	工程費(萬元)	備註
一、設計階段作業費	2,000	約為直接工程成本×2%。
二、工程建造費	140,000	含環保安衛費 2%、間接工程成本 5%、物價調整費以年平均上漲率 1.6%計。
1.取水口及抽水站	6,600	
2.原水導水管工程	14,550	
3.新建淨水場	118,850	
三、總工程費(一~二)	142,000	
四、施工期間利息	0	本計畫為工業局出資，故考慮利息為 0%。
五、建造成本(四~五)	142,000	約 14.20 億元。

資料來源：本計畫自行整理。

(二)整體計畫預定期程

本計畫預計 106 年 03 月底完成發包，分為 3 標同時施作，預計於 107 年 12 月底全數完工(含試運轉及驗收決算等作業)，於 108 年年初進行供水。

五、計畫效益

(一)計畫售水單價

參考「彰濱工業區借道福馬圳圳尾供水方案工程施作期程、供水成本初步評估報告」並同步分析未來營運期間(108 年~147 年)不同供水情況(1 萬噸、2 萬噸、3 萬噸、4 萬噸、5 萬噸)所對應之平均售水單價，分別為 40.65 元、26.59 元、21.90 元、19.56 元、18.16 元。上述數據顯示售價隨售水量之變化而有所調整，且售水量愈趨於計畫出水量時，售水價格將愈低，有關售水成本分析如表 5。

(二)預期效益

相關工程完工後將可穩定之供水將降低工業用水停水之風險，依據目前彰濱工業區網路公告之年產值估算，平均年產值約為

571 億元，依對其稅收助益以 1%計算，所能減少之損失為 571 億元間接效益約為 5.71 億元。

表 5 售水成本分析表

項次	項目	計畫出水量(CMD)					備註
		50,000	40,000	30,000	20,000	10,000	
01	售水量	50,000	40,000	30,000	20,000	10,000	售水率 100%計
02	計畫取水量	52,500	42,000	31,500	21,000	10,500	損耗以 5%計
03	場內電費	39,937	31,950	23,962	15,975	7,987	
04	動力費	24,364	19,491	14,619	9,746	4,873	僅計算圳尾原水抽水站及清水池加壓站之動力費
05	藥品費	22,906	18,325	13,744	9,162	4,581	
06	污水處理系統使用費	8,607	6,886	5,164	3,443	1,721	
07	其他費用	6,198	4,958	3,719	2,479	1,240	
08	人事費	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	
09	污泥處理費	22,717	18,174	13,630	9,087	4,543	
10	維護費	30,232	30,232	30,232	30,232	30,232	
11	管銷費用	26,571	21,257	15,943	10,628	5,314	
12	分攤 11 區處費用	32,769	26,215	19,661	13,108	6,554	
13	分攤總處及工程處費用	23,391	18,713	14,035	9,356	4,678	
14	折舊費用	42,766	42,766	42,766	42,766	42,766	
15	合計	300,542	259,049	217,557	176,065	134,572	項目 3~14 合計
16	售水營運成本	16.47	17.74	19.87	24.12	36.87	項目 15÷項目 1
17	售水單價(未稅)	17.29	18.63	20.86	25.32	38.71	項目 16x (1+營業稅率 5%)
18	售水單價(含稅)	18.16	19.56	21.90	26.59	40.65	項目 17x (1+營業稅率 5%)

備註：1.此售水成本分析表不含原水費、圳路使用費及清水池後端之送水管經費。
2.項目 01~02 之單位：CMD；項目 03~15 之單位：仟元；項目 16~18 之單位：元。
3.資料來源：「彰濱工業區借道福馬圳圳尾供水方案工程施作期程、供水成本初步評估報告」及本計畫自行整理。

資料來源：本計畫自行整理。

因工程興建與營運階段之成本投入可使相關產業產值增加，帶動整體經濟發展，且水資源投資相對於國民生產毛額之增加皆有正面之效益。本計畫在於解決工業區短期工業用水不足之問題，儘速施行本計畫，將可達到供水穩定、符合廠商期望等多項目標。

六、結論與建議

(一)結論：

依據水污染防治法第 6 條第 1 項訂定「地面水體分類及水質標準（87.06.24.修正）」，而自來水事業一般均引取適用於公共

給水之甲類至丙類水體，然現有河川水較差之水質水體（丙、丁類）則難以被有效利用，現因水源開發不易，面對於國內工業需水量日益增高，尚可引用丙類或丁類水體生產工業用水，則國內水資源將可獲更有效之利用。

台水公司為配合國家產業發展政策並落實水資源多元運用，以本計畫取用福馬圳之原水水質(丙類水體)為處理標的，擬訂彰濱工業區之工業用水水質標準並規劃建置可生產符合該水質之工業用水之淨廢水設備，俟本計畫淨水場完成後，其所生產之水量將專供區內廠商工業製程使用，可邁向水資源開發利用之新紀元。

彰化地區飲用水水源開發不易，民生用水水相對吃緊背景下，以彰濱工業區二元系統供水（飲、用分離）方式採用新水源，進而減緩彰化地區自來水系統負擔，創造民生及產業雙贏之結果。

(二)建議：

國內水利法所規定之各類用水標的中，目前僅飲用及公共給水，中央主管機關經濟部及行政院環境保護署依自來水法及飲用水管理條例，已明確訂定「自來水水質標準」及「飲用水水質標準」。農業用水部分，中央主管機關經濟部已訂定「臺灣省灌溉用水水質標準表」。其他如水利、工業等之用水等，相關主管機關並未訂定相關之水質標準，建議國內主管機關應於法源上，應優先擬訂各工業用水之水質標準，以為日後工業用水計畫規劃之依據。

本計畫抽水站基地需使用 5 筆國有地，其中 2 筆為民眾承租，為利抽水站設備完整

施設及後續操作維護，建議工業局儘速協調取得。

本案水源引用、水權取得及使用彰化水利會之圳道輸水，需請工業局儘速協調辦理，俾工程完工後能取水處理以利供水順利。

參考文獻

- 1.台灣自來水公司，「借道福馬圳圳尾供水工程」工程計畫，民國105年4月。
- 2.經濟部水利署中區水資源局，烏溪下游河段水資源再利用工程可行性規劃，民國101年11月。
- 3.寓埔制水門至初沉池間是否需於國有地增設抽水站評估報告，民國103年11月。
- 4.台灣自來水公司，自來水管線埋設工程施工說明書，民國104年元月版。
- 5.內政部90年頒行「建築物基礎構造設計規範」
- 6.中華民國自來水協會，「自來水工程設施標準解說」，2006。
- 7.中華民國自來水協會，「自來水設施耐震設計指南及解說」，2002。

作者簡介

李嘉榮先生

現職：台灣自來水公司總管理處工務處處長

專長：自來水工程規劃、設計、施工及經營管理

王亮中先生

現職：台灣自來水公司總管理處組長

專長：自來水工程規劃、自來水設備操作維護管理

楊凱鈞先生

現職：台灣自來水公司總管理處工程員

專長：自來水工程規劃、設計施工

新北市新店美之城供水備援系統工程建置

文/石明憲、李中彥

一、前言

新北市新店區美之城及潭之鄉社區之供水系統係由直潭淨水場內思源加壓站以 $\phi 200\text{mm}$ 管線直接供應高差約 90 公尺之美之城配水池(圖 1)，緣於 96 年柯羅莎颱風所夾帶豪大雨，致溪水暴漲沖刷此上水管線過河段，致沖毀後 2 社區 1,115 戶居民忍受長達 2 週以上以水車運水支援之窘境。嗣後經緊急搶修採連結預埋於河床底之 $\phi 500\text{mm}$ 備用管線至既有管線系統繼續供水方解除危機。

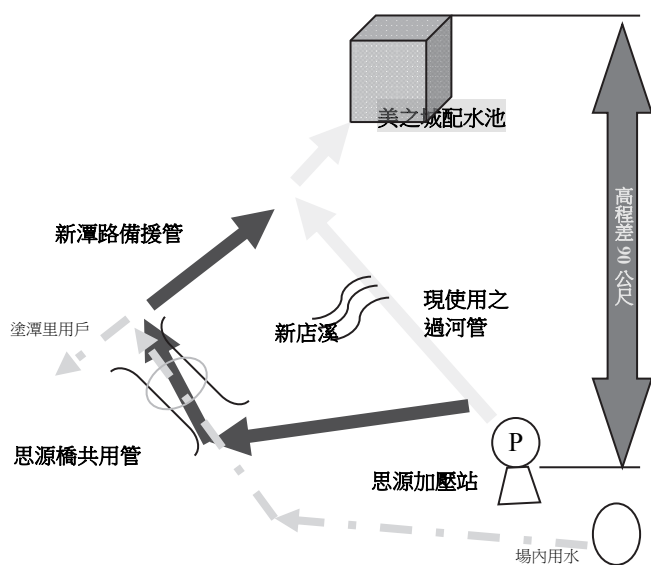


圖 1 新店區美之城供水備援系統工程示意圖

二、備援系統之建置過程

(一)於 101 年臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)決策應未雨綢繆適時進場施作本 $\phi 200\text{mm}$ 自來水備援管線，以避免爾後工程介面眾多，不利埋設備援管線，西區營業分處即規劃設計本案備援供水

管線，計畫內容係將過河段改經原附掛於思源橋上之 $\phi 200\text{mm}$ DIP 管線(供應塗潭里用戶)，以共用管線避免受洪水沖刷，下游段新設上水管線自思源橋轉新潭路 1 段銜接道路改善工程下預埋管線，上游段另新設上水管線自思源加壓站沿場外直潭路外沙灘地埋設管線至思源橋頭，3 大段管線連結成為供應美之城社區之備援系統(圖 1)。

(二)本案經 102 年 6 月 17 日與路權單位現勘後，確認新潭路面下已無空間埋設，但完成本設備援管線系統確有其必要性，西區分處再評估並緊急洽商相關單位，擬沿道路側溝後擋土背版內埋管，因用地為林務局羅東林管處轄管，經多次現勘，甚至到宜蘭辦公室溝通，獲同意有償租用山壁側溝後土地做為管線用地，期間同時辦理變更契約新增明管管架之單價(圖 2)。



圖 2 新潭路側溝後明管施工

(三)因本段管線位於陡峭坡地，且間斷有 200 餘公尺因堅硬山壁無法埋設，需置於側

溝背版之上，或以管架固定，或以混凝土包覆，決定特定位置，須密集至現場監工討論，並於颱風前後速至現場勘查管線，終於自 102 年 7 月上旬至 12 月 20 日分梯次進場埋設新潭路管線完妥，計 990 公尺長，並於 12 月 31 日切換系統進行高壓試水作業完妥。本案續於 102 年 11 月 13 日於直潭場旁直潭路進行施作前會勘，惟經主管機關第十河川局要求應依程序申請河川公(私)地使用許可後，方得為之，為免申請程序曠日廢時，增加不確定性，遂改洽直潭場內尋覓路線埋設。

(四)西區分處於 102 年 12 月 5 日召集工程總隊、淨水科及供應科會商埋管路徑，淨水科初步同意於場內埋管，惟與會單位均認為場內之管段係屬全系統承載突增高壓之重點管線($11-13 \text{ kg/cm}^2$)，為防加壓站高壓輸水運作時 DIP 接頭脫落漏水，遂再審慎研議採用合適之管材。

(五)經檢討場內連接加壓站管段不適用 DIP 管材，改採同加壓站原既有供水之耐高壓 SP 鋼管施作，且 SP 管質量較輕，取代思源橋上之老舊 DIP 管線益增全系統之結構安全性，因時程緊急且配合工程案無相關鋼管施工工項，遂於 103 年 1 月 20 日另簽請北水處工程總隊既有鋼管工程契約辦理，由具鋼管實務之優秀團隊及契約廠商協助施作。

(六)北水處工程總隊以其豐富實務經驗，於本管段設計完成後，續於 103 年間經會勘決定自思源加壓站沿直潭場內道路之埋設路徑，先施作場內段 SP 管工程，後於 104 年道路挖掘管制解禁後，施作出

直潭場外經思源橋至前完成之 DIP 管段銜接完妥，SP 鋼管全長為 895 公尺。

(七)為測試本備援管線承載高壓送水之耐壓力，及斷管緊急事故發生時之切換程序是否順暢，以及加壓泵浦經較長、多曲折管線所需壓送能量是否足夠，西區分處及工程總隊聯合於 104 年 5 月 11 日進行系統切換試水作業，並將備援系統加壓至 12.5 kg/cm^2 後，順利揚水至美之城社區水塔，圓滿達成備援送水功能之任務。

三、工作心得

面對極端氣候變化及地震威脅，自來水供水系統之備源備載成為重要課題，尤其以高地社區因本身供水系統之侷限性使備援系統建置更為困難。本案備援供水系統除主要功能為供應美之城及潭之鄉社區之 4,500CMD(泵浦能量)用水外，因塗潭地區係採重力供水，服務範圍受限，本備援系統於必要時可同時供應塗潭地區外，尚可加壓供應高地區坡地範圍住戶，具有改善及擴充新潭路 1、2 段用戶供水品質及區域之雙重功能。

作者簡介

石明憲先生

現職：臺北自來水事業處西區分處三級工程師

專長：自來水工程設計、施工。

李中彥先生

現職：臺北自來水事業處西區分處二級工程師

專長：自來水工程設計、施工。

北京、澳門、香港與上海浦東 —管網漏損控制與管理簡介（上）

文/黃欽稜

前言

當今自來水事業體系面臨著眾多的營運與維護的挑戰，而管網滲漏的問題，一直以來都是維護自來水管網系統的重大挑戰，也是全球許多水公司最為困擾的課題之一。因為造成管網滲漏的成因眾多，彼此互相影響，各因素的比重也不盡相同，這些因素包含了造成實質漏水的管網老化、材質不良、維修不當，以及導致帳面損失的水表誤差、竊水、出帳錯誤等。水公司除了提供用戶質優、量足的自來水為首要目標之外，供水系統中的水量損失也必須加以控制，否則在水源日益匱乏的當下，大量的管網滲漏恐導致水量供應不足的問題，水公司更可能因為帳面損失導致短收鉅額的水費，而承受營運上的經濟損失。甚至因管道滲漏破損，引致污染物入侵管網事件發生，危及民眾飲用水的安全。

隨著全球氣候變遷，水資源短缺的問題愈發嚴重，更因都市化與人口與經濟成長趨勢，大都市中自來水供應的困難度不斷飆升，水量調度的缺口也可能因此產生，所以水公司由過往開發新水源的思維逐漸轉向控制管網漏水，由開源轉向節流。這類轉型已在全球水公司陸續觀察到，但每個自來水的體質與管網系統是不同的，甚難採取相同的漏水控制措施，但大原則是相仿的，也就是 IWA 所倡議的多管齊下手法

(Multi-Pronged Approaches)，包含管網資產管理、水壓管理、主動漏水控制、提升修漏效率品質等四大主軸。

2015 年 9 月於北京舉辦第六屆 IWA-ASPIRE 會議期間，大會特別邀請北京、上海、臺北、香港、澳門等五個推動漏水控制已具有一定成效的城市，以 Workshop 的形式進行技術交流，各水公司除了介紹最新採行的管理方式、科技、創新進行，並分析過去投入的漏控措施的成效，彼此學習觀摩，以提升漏水控制的相關知能。會中城市出席代表、產官學各方專家就自身經驗交換意見，熱烈討論各項漏控議題，並暢談未來發展。

本文將分上下兩篇介紹北京、香港、澳門、上海的漏控措施與管理方式。

一、北京

(一)漏損現況與重要數據

北京市自來水集團負責大北京地區的供水，包含全部的北京市與部分郊區縣，主要水源約 70% 為地表水、30% 為地下水。最大日供水量為 415 萬噸，其中北京市區就佔了 370 萬噸。輸配水管網總長度為 11000 公里，其中鋪設於北京市區內的管網長度即佔了 8900 公里。詳圖 1 所示。

大北京地區的無收益水 NRW（北京稱為「漏損率」，其他城市則稱為「產銷差」），於 1999 年以前約 8% 上下，但 2000 年以後實

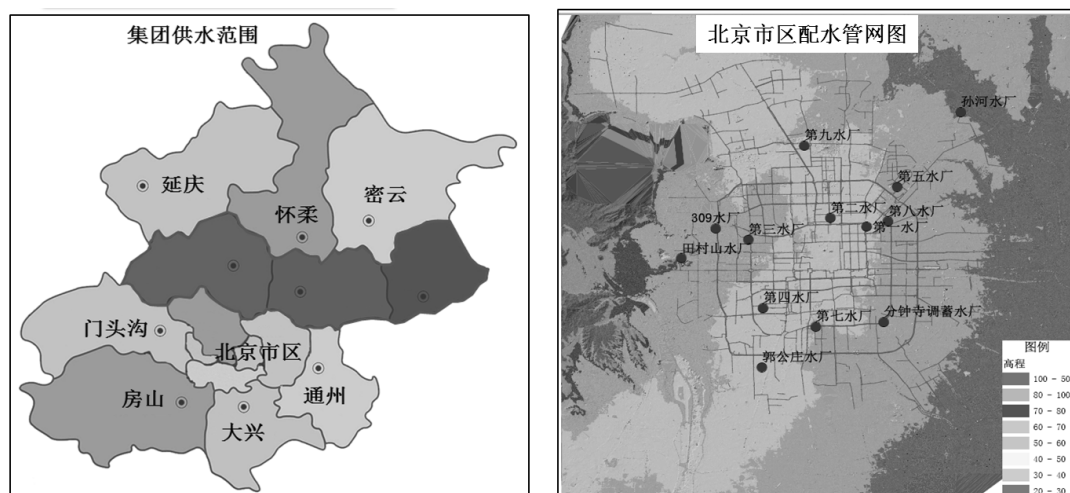


圖 1 北京市自來水集團供水轄區與管網分布

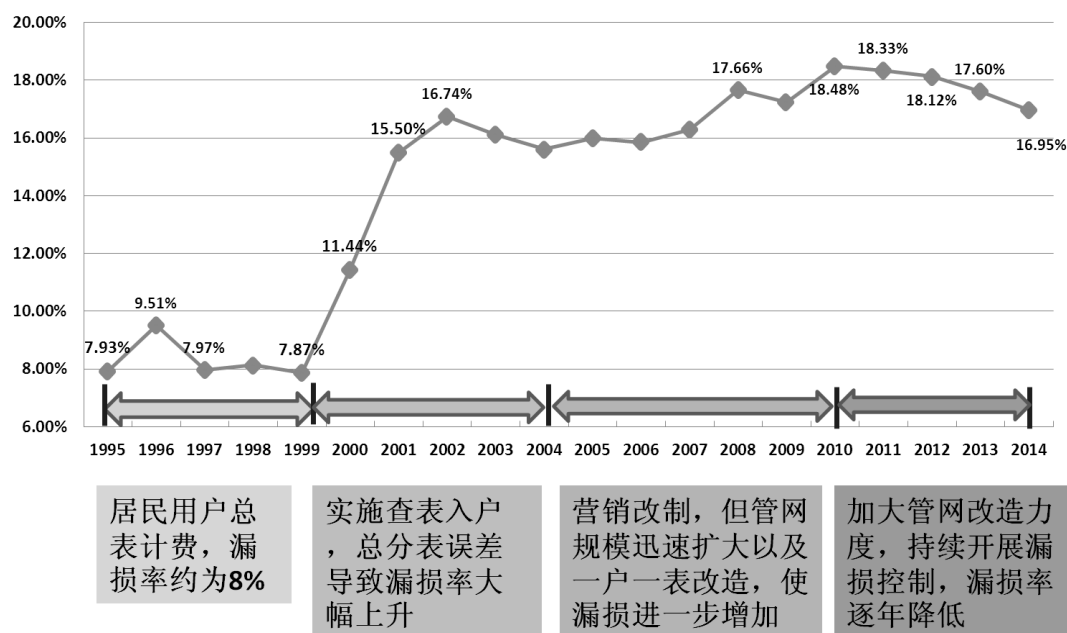


圖 2 北京市自來水集團近 20 年 NRW 的變化趨勢

施「查表入戶、一戶一表」取代過去以總表計費的方式，因用戶分表的誤差，使得 NRW 暴增至 16%~18% 上下，為了降低系統 NRW，集團開始採取漏損控制措施。

NRW 自 2010 年的最高峰 18.48% 逐年下降至 2014 年的 16.95%。詳圖 2 所示。近 20 年來，北京推動一戶一表政策，用戶水表由 1995 年的 20 萬，增加至 2014 年的 330 萬只，

近幾年更是以每年 20 萬只的速度增加，雖然臺北平均每年亦換表 20 萬只，但屬於更新維護，水表新增數量有限。北京管網長度更由 1995 年的 4300 公里暴增至 2014 年的 9000 公里，平均每年增加 240 公里以上。北京雖稱為「管網改造」，但本質上屬於管線新設，與臺北的管線汰換（平均每年更新 160 公里以上），本質上屬於舊換新，兩者稍有



差異。

相較於中國大陸各「省會城市」平均 NRW 約 22%，北京的漏損較低。若以歐洲各國 NRW 做比較，由 Global Water Intelligence、DANVA 等資料庫擷取所得數據，東歐國家約 40%、奧地利、德國、丹麥、荷蘭約 10% 以下，其他歐洲國家約 17% 至 32%，北京 17% 的漏損率也絲毫不遜色。

(二)近年漏損控制工作及成效

北京市自來水集團採取的漏損控制工作詳圖 3，分為基礎工作與主要措施兩大類，雖然分類很細，但主要措施基本上也依循 IWA 的多管齊下手法，部分的項目與臺北的漏水管理四大主軸類似，例如「加大管網改造力度」、「持續開展暗漏檢測」、「實施管網精細管理」，此外也包含了帳面損失控制，如「強化計量管理」與「營銷質量控制」。

茲就北京的主要漏損控制工作項目摘錄重點說明如下：

1.開展國際對標分析

北京為與國際接軌，對於他國的漏損控制採用的管材、計量器具進行比較分析，以作為日後改善提升的參考。供水管材部分，北京的給水管使用鍍鋅鐵管、鋼塑複合管，與發達國家採用不鏽鋼管、銅管有很大的不同。北京的輸配水管則有 38% 仍採用普通鑄鐵管、鍍鋅鐵管、預力混凝土管，62% 則採用較佳的球狀石墨鑄鐵管、鋼管、鋼塑複合管，與臺北超過 80% 採用球狀石墨鑄鐵管的情況稍有差距，但近六年來北京採用新式管材的比例已經逐漸提升。

水表計量部分，北京採用普通機械表為主，計量等級為 B 級，採用人工抄表方式取得用水量，與其他發達國家已逐漸使用高精

度的 C 級電子表，並以自動讀表方式取得用水量稍有差距，但與臺灣現況差距不大。北京的水量計費的方式，過去採用總表計費，大樓或社區內部再自行均分費用，並無安裝各戶分表，這樣的方式與歐美發達國家類似。但近十年來大量安裝分表後，一戶一表，計費方式已經轉變由按照各戶分表單獨收費，反而與臺灣、日本的計費現況漸趨一致。

2.開展計量誤差研究

北京為了瞭解推動「一戶一表、抄表到戶」之後產生高額水表誤差的發生原因，開始進行大量的研究與實驗工作，分析計量器具精度、水量損失及總分表差的關聯性，並針對大口徑水表的計量誤差展開研究與實驗。最後得出兩項重要的結論：

- a.由於抄表方式的改變，總表與分表的相對誤差平均為 8%，亦即以分表計費將短收 8% 的水費。
- b.由於 B 級表的本身精度限制，大口徑水表平均計量誤差約為 5%。

相較於臺北的水表誤差研究，北水處採用三種方式包含「器差疊合流量譜」、「抄表數據挖掘」、「小區管汰後 NRW 分析」所得到的水表誤差介於 5.3%~8.5%，與北京的結果十分吻合，這也代表雙方都採用同等級的 B 級表，其計量誤差的合理區間。

3.漏損率構成的分解

北京採用與 IWA 推薦的產銷分析表(北京稱為水平衡表)，並結合大陸國內實際情況稍作調整，詳圖 3，並將漏損水量分為真實漏失、計量誤差、與其他損失。其中第一項即為 IWA 所稱之 Physical Losses，後兩項則合併稱為 Apparent Losses。詳圖 4，北京的

自有水源供水量 Q_{so}	供水总量 Q_s	合法用水总量 Q_a	计费用水量 Q_{ab}	向管网外部输出的水量
				计费计量用水量
				计费未计量用水量
			合法免费用水量 Q_{au}	免费计量用水量
		免费未计量用水量		
从外部输入管网的水量 Q_{si}		漏损水量 Q_{wl}	真实漏失 Q_{RL}	明漏水量
				暗漏水量
				背景漏失
				水箱、水池的渗漏和溢流
			计量误差 Q_m	居民用户总分表差
	非居民用户表具误差			
	其他损失 Q_o		非法用水量	
			管理因素导致的水量损失	

圖 3 北京的水平衡表

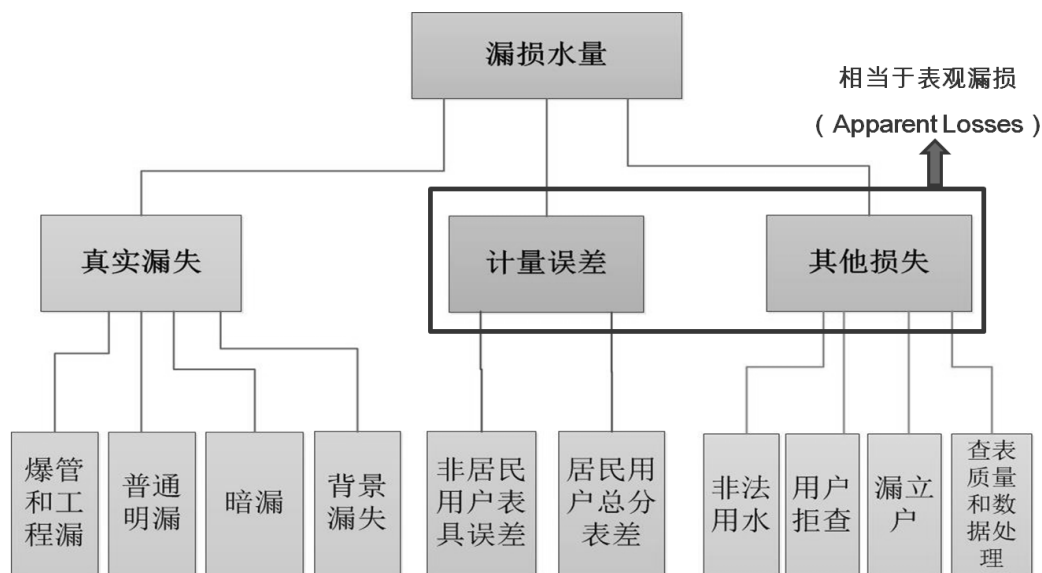


圖 4 北京的漏損水量的構成與分解

漏損成分展開後的細項與臺北稍有不同，而且分項比臺北更多。至於是否每個項目都能夠正確估計數值，則須待進一步研究，例如真實漏失就分為四項，臺北則因難以估算每一項的實際水量，故不再細分。

累積多年的數據與各項分析研究，北京將近 9 年來送入管網水量核算其構成比率之平均值，最終得出收益水量（RW, Revenue Water，北京稱為「有效供水量」）平均值為

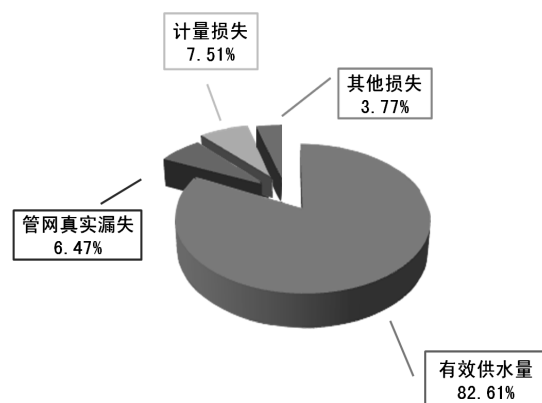


圖 5 北京的水平衡分析結果，2006~2014 年間的平均比例

82.61%，無收益水量（NRW, Non-Revenue Water，北京稱為「漏損水量」）為 17.39%。其中管網的「真實漏失」就是臺北所稱的「漏水率」，北京僅 6.47%，遠比臺北的 16.71% 更低。「計量損失」可對照臺北的「表差」，北京為 7.51%，與臺北的 7.82% 相去不遠。最令人驚訝的是，源自於水表不準確的「計量損失」居然高於管網的「真實漏失」，這在許多國家都是很罕見的。許多先進國家投入相當的經費控制管網漏水之餘，相對的，也會撥出一定的費用選購高精度水表，因此水表誤差總是低於管網漏水率。

4. 管網改造、暗漏檢測、管網精細管理

北京自來水集團與世界各國都引用 IWA 的 Multi-Pronged 手法，以多管齊下的措施降低管網系統漏水，包含了「管網改造」、「暗漏檢測」、「管網精細管理」。其中的「管網改造」比較類似國外所稱之「管網資產管理」或者臺北的「管網改善」。雖然北京為歷史古都，過去已經鋪設許多供水管線，迄今管齡偏高，但由於北京近年許多老舊胡同區域陸續拆建為新式集合式住宅，管線仍繼

續新設，此外，北京自 2011 年以來針對體質較差的管網進行改良，新設了 1000 公里的管線，並對部分幹管進行內襯噴塗改善，因此整體平均管齡維持在 18~19 年之間，以一個歷史古都而言，這樣的管網相對年輕，處於管線穩定的運行期間，得以有效降低管網漏損。

管網改造工程主要採用更換球墨鑄鐵管，並使用非開挖技術內襯 PE 管和薄壁不銹鋼等方式，對配水管網主、次幹線（DN200 以上）進行消除結構性隱患改造。採用內塗膜防銹方式對配水管網支戶線（DN200 及以下）實施功能性改造（防止二次污染）或結構性改造。

為了提高管網抗水質風險能力，應對南水北調水源啟用後的水質變化，2014 年以前的主要改造優先挑選原則包括：易引發供水管網二次污染問題的管線、主要地區道路區域內的管線、存在安全隱患（爆管）的管線、使用年限在 50 年以上的老舊管線、預應力混凝土管。



亮馬橋DN600



靈境小區噴塗



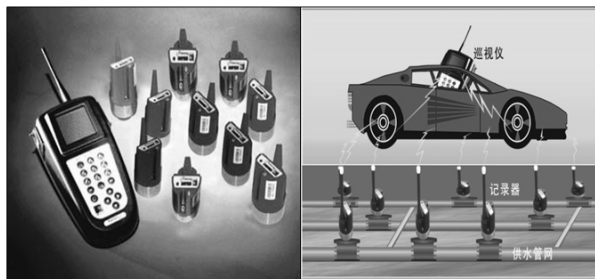
京廣橋DN600

圖 6 北京管網改造的現場施工照片

基于DMA分区计量的漏失评估和预警



基于噪声记录仪的漏失监测



基于漏点探测设备的查找定位



圖 7 北京暗漏檢測的主要施行方式

南水北調水源正式啟用後，即 2014 年以後，北京自來水集團逐步將管網改造重點由側重實施功能性改造（防止管網二次污染），朝向消除結構性隱患管線轉移，特別是 DN200 及以下管線，重點解決爆管事故和控制漏失水準。

北京的「暗漏檢測」就是臺北與其他國家「主動漏水控制」+「修漏速率與品質」的合稱。北京採用的檢測方式與世界他國相仿，包含了人工巡迴聽音、佈設漏水噪音收集器，此外更參考 DMA 漏水率高低，作為暗漏檢測優先順序的安排，逐步由過去人工聽音轉變為數據分析的漏水檢測，詳圖 7 所示。在某些特定區域，例如 2015 閱兵重點地區，自來水集團特別於天安門周邊重要道路，密集佈設漏水噪音監測紀錄儀 3732 處，預先發現並修復 132 處漏水。北京平均每年檢測出地下暗漏約 1500 件，近年管網報修漏水案件因此下降了 15%。以 2014 年管線破損情況為例，按照漏種、管線功能、材質、破

損原因進行分類具體如下：

- a.按漏種分類：自然破損（明漏）占比 34%，主動檢測出管網破損（暗漏）占比 66%；
- b.按管線功能分類：配水幹線（DN800-DN220）占比 0.1%，配水次幹線（DN200-DN600）占比 6.7%，配水支線（DN75-DN150）占比 16.1%，配水戶線（DN15-DN50）占比 77.1%；
- c.按材質分類：鍍鋅管占比 77%，普通鑄鐵管占比 18%，鋼塑複合管、預應力混凝土管、鋼管等總和占比 5%；
- d.按破損原因分類：腐蝕占比 78%，基礎不均勻沉降占比 22%。

北京的用戶給水管（配水戶線）漏損比率與臺北一樣高，臺北甚至高達 95%，為漏水檢修的最大宗。但由材質、破損原因分類，則稍有差別，臺北為塑膠管龜裂漏水，北京則以鍍鋅管腐蝕漏水為主。

北京的「管網精細管理」，實際採取的措施就是臺北的「水壓管理」與「小區計量

(DMA)」之統稱。北京自來水集團的壓力管理係採用，「整體降壓、分區調度、區域控壓、小區控壓」的四個精細化管理措施，詳圖 8 所示。其中整體減壓為最宏觀的措施，直接由泵站端降低出壓，或者由減壓閥調整水壓降低量，白天尖峰期間降低水壓 1.5 米，夜間離峰則降低 2 米。並按照地面高程、淨水場出水量規劃將市區管網分割為 5 個調度區、4 個壓力控制區，並逐層往下細分，最小的壓力控制單位為小區。其區域控壓方式係挑選尺寸適當的大區、系統較為獨立的封閉區塊，於進水點安裝減壓閥，調整入口水壓。對最末端居民小區、獨立計量區，則控制其供應水壓介於 21~25 米之間，方法也是透過減壓閥調控。相較於臺北，這樣的管網水壓相當高，2014 年臺北管網的平均水壓僅約 16 米，這是因為臺北於管網改善完成前，必須減緩管網既有破孔的漏水，故採用壓力均化與低壓政策。由於臺北家家戶戶幾乎都有水池、水塔，可以於低壓的環境下進行供水，但北京許多舊式胡同住宅因缺少水池水塔，為直接供水，為避免尖峰期間負壓污染（北京所稱之二次污染），故管網壓力

較高。

北京近五年來為了積極劃設 DMA，並進行小區數據分析、管理系統的建置，特別與中國科學研究院生態環境中心合作，研究並制定了北京市區配水管網 DMA 的規劃方案，預計整個規劃完成後將有 718 個小區，目前已劃設 132 區，預計 2017 年全數建設完成。北京的 DMA 採用長時封閉方式，因此可透過小區即時訊息判斷管線漏水。

北京對於 DMA 的體質評判，制訂了四項指標，包含夜間最小流量（Minimum Night-time Flow）與日平均流量之比、管網漏失指數（ILI, Infrastructure Leakage Index）、單位管長夜間淨流量（Net Night-time Flow）、單位服務連接（Service Connection）夜間淨流量。其中前兩項可反映管網漏損的程度，如果數值愈高，代表 DMA 漏水愈嚴重；而後兩項則反映管網系統的工作負荷，數據愈高，代表管線工作流量過大、管線口徑太小。相較北京，臺北則使用「售水率」作為小區是否漏水嚴重、是否需要汰換的判斷依據，而北京並不使用售水率，主要係因北京許多用戶表並未安裝，一戶一表政策尚未執

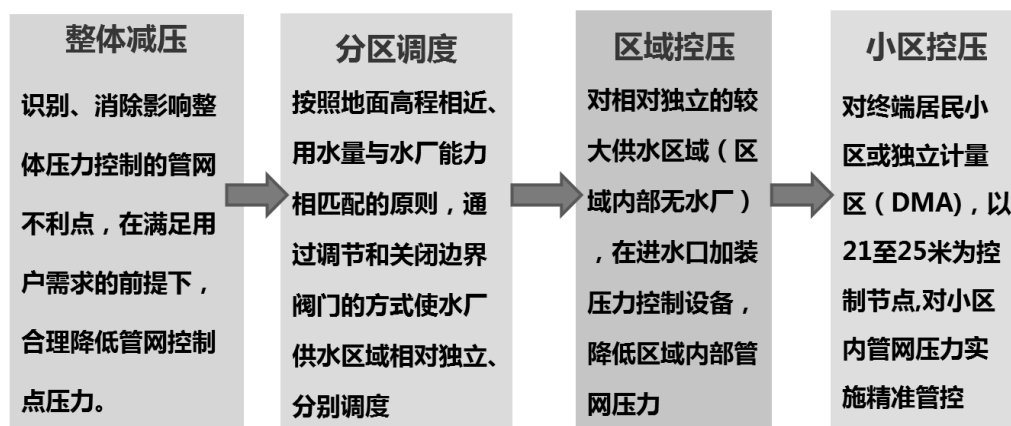


圖 8 北京的水壓管理，由宏觀至微觀之精細化管理措施

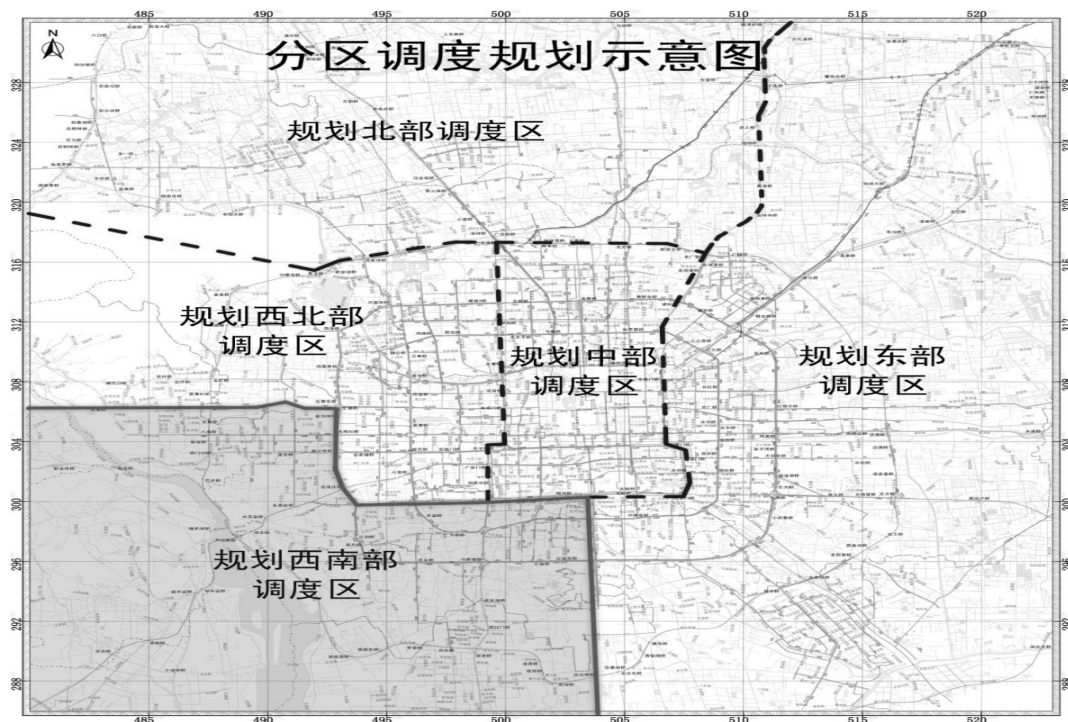


圖 9 北京將市區規劃為 5 個分區調度區域

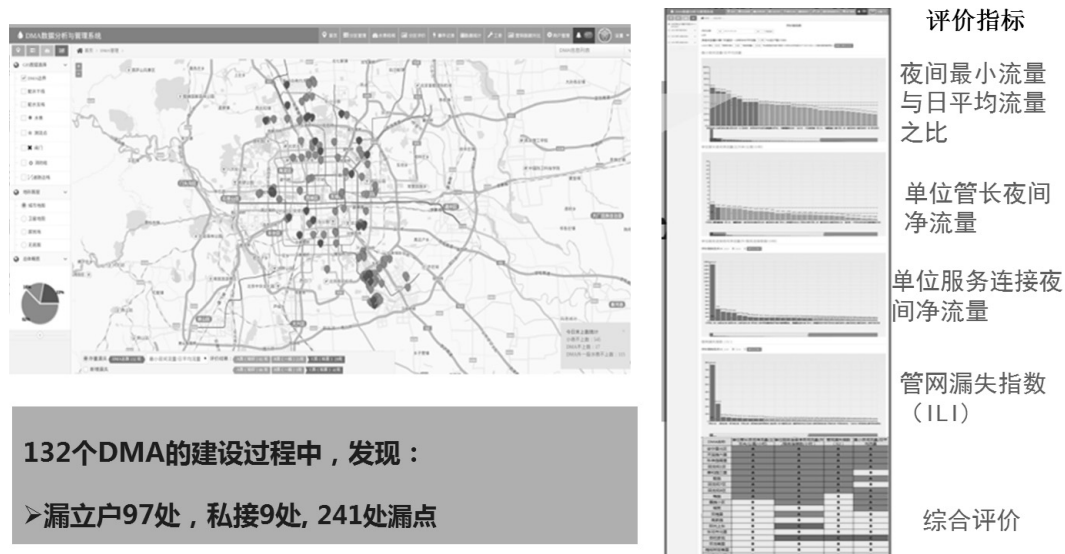


圖 10 北京 DMA 劃設管理系統與評價指標

行完成，以致取得 DMA 所有用戶用水量的抄表數據誤差較高，無法據以計算售水率。夜間最小流也是臺北使用較多的指標，因不需抄讀所有用戶表，僅需小區流量計的數據就可分析漏水狀況，所以北京與臺北兩地甚至全世界的運用都很廣泛。至於 ILI，經臺

北的數據套用計算，發現不太能夠反映管網的體質與漏水，畢竟 ILI 是由 20 多國 27 個自來水公司的管網數據所推演出來的，只符合這些國家的體質，即便連 ILI 的原始倡議者 Roland Liemberger 在菲律賓 Maynilad 水公司也不使用 ILI 作為漏水指標了，因為不符

合在地管網特性，他們改用 NRW%。

DMA 的設置，需要搭配許多的水表、流量計。由其是分層分級劃設小區，由大區至小區都需要層層計量。北京規劃了四級計量的架構，詳圖 11 所示，以亦庄大區為例，位於北京市東南，第五外環道之外，有兩個屬於一級計量的區域大型流量計，大區內又劃設了 59 個 DMA，所以安裝了 59 只小區流量計，尚未劃區的地方，也有重要的大表 1062 只，以上 1121 只水表屬於二級計量。其中 4 個 DMA 內重要的樓門表（總表）與大型直接表合計 359 只，屬於三級計量表，而這些樓門表後方的內戶表（分表）合計 6325 只，則屬於最下層的四級計量表。上述各級流量計、水表等都換裝為遠傳水表，以自動讀表（AMR）方式擷取即時數據。透過數據的比對分析，摸清計量傳遞過程各級之間的水量損失，並展開夜間水量與用水模式的分析，以探索評估管網漏損各構成要素的成份。這點與臺北近年來開始試辦的 AMR

有異曲同工之妙，利用智慧水表進行用水模式（Consumption Pattern）的分析研究、探知管網與用戶內線滲漏情況，儼然是國際間的顯學之一。

5.計量管理、營銷管理、漏損管理、技術研發等目標與執行

唯有正確的計量，才能做好管網漏水控制，因此北京針對各級大小流量計開始投入計量的強化管理，包含下列幾項工作：

- 定期校準，各水廠配水泵機組及主要幹管流量計定期進行校準。
- 周期換表，根據相關要求，每年安排一定的資金對到期的水表進行更換，年均更換水表約 25 萬只。
- 故障換表，每年對故障水表進行追蹤管理，並對更換的及時率和準確率進行考核。
- 計量升級，根據用水量和用水模式的不同，選擇適合用戶用水特點且計量精度較高的計量表具，累計更換大口徑高精度遠傳表 3977 只。

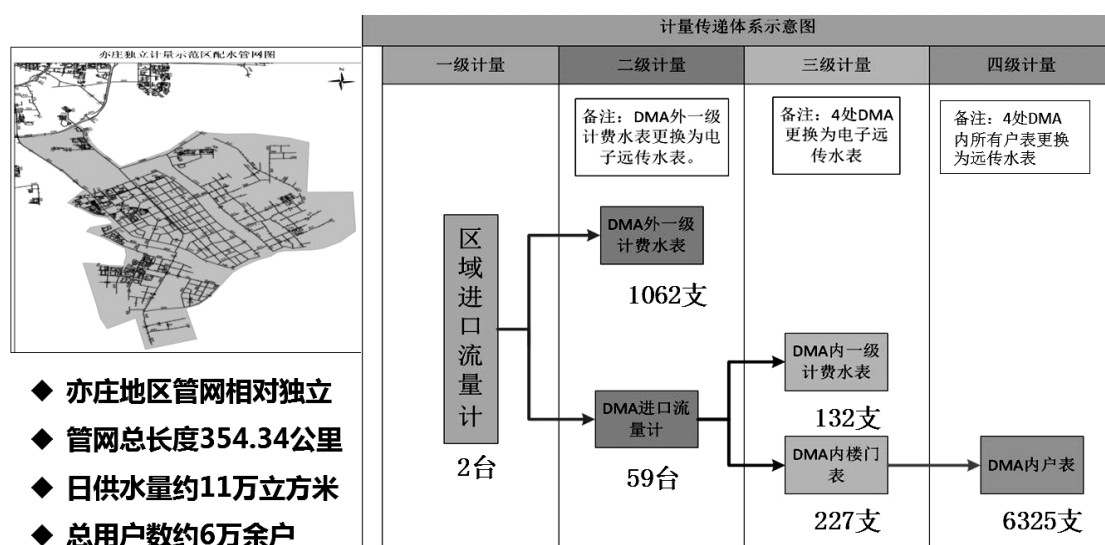


圖 11 北京亦庄示範 DMA 四級分層計量架構

目前北京市區水表數量共約 368 萬只，其中樓門表 12 萬只，居民分戶表 348 萬只，非居民用戶約 8 萬只。DN15mm 至 DN25mm 口徑的水表使用年限為 6 年，DN40mm 及以上口徑的水表使用年限為 4 年。主要的水表類型包括普通機械表（B 級）、居民用戶遠傳表、大用戶高精度表、流量計（電子水表）。相較於北京，臺北 2014 年底水表總數量 162 萬只、總表 12 萬只、直接表 20 萬只、分表 130 萬只，使用年限為 8 年，主要水表類型，40mm 以下口徑全部為機械表（B 級），50mm 以上口徑則大多為電子表（C 級）。若以人口數/水表數作為比較，北京=2400 萬人/348 萬只=6.9，臺北=385 萬人/162 萬只=2.4。顯然臺北的水表安裝密度較高，幾乎所有用戶皆已全數安裝水表。

良好的產銷帳務管理（營銷值量控制）才能減少帳面損失。北京目前推動中的項目如下：

- a.建置營銷管理服務系統，規範營銷業務流程，實現應收、實收帳務的全流程管理。
- b.開發營銷業務移動網絡工作平台（手持抄表系統），引入用戶確認、拍照等前端質量控制節點。

- c.建立完善的班組互查、分公司抽查、稽查抽查的三級質量控制體系。

- d.規範對環衛、綠化水車的管理，加大對私接、偷竊水的稽查力度。

北京 1999 年以前僅針對樓門表查抄收費，後端的水量分配則由社區居民自行分攤或由物業公司代收，為了因應查表入戶後急遽擴張的抄表戶數，近十多年來陸續建置了較新的抄表與收帳業務作業流程，以避免帳面損失擴大。相較於臺北，由於臺灣一戶一表的制度早以建立，因此抄表收費的流程與制度已經運行許久。

北京的漏損管理逐漸上軌道後，訂定漏損控制目標如下：

- a.近期目標：建立起動態分解、分析、控制的漏損管理體系，形成漏損控制的精細化管理模式。力爭至“十二五”末（2015 年），通過管網改造及各項管理措施的實施，使管網漏損率控制在 16% 左右。
- b.遠期目標：在完成搭建漏損控制運行管理體系的基礎上，圍繞漏損控制的動態管理，建立完善的漏損控制綜合性技術體系與管理考核體系。至“十三五”末（2020 年），漏損率達到 14%。



圖 12 北京電子水表、電磁流量計及遙讀（遠傳）設備

北京的漏控技術由自來水集團漏損控制三年行動計畫中，可一窺內涵，三年計畫的目標如下：

- a. 構建 1 個系統：管網實時監控管理系統
- b. 建設 2 個體系：計量管理體系、漏損績效考核體系
- c. 充實 3 支隊伍：計量管理隊伍、漏失管理隊伍、營銷服務隊伍
- d. 應用 4 項技術：水平衡分析技術、壓力控制技術、DMA 管理技術、水力模擬技術
- e. 持續加快管網改造

北京為了妥善管網壓力、流量、水質的動態收集與管理，建立可監、可控、可分析、可管理的管網實時監控管理系統，實現關鍵運行參數的在線監測控制和管網漏損的動態分析與管理。並完善水量計量表具（含通訊設備）的配備和管理，並逐步形成從源頭到龍頭的全過程計量傳遞體系。建立漏損控制管理制度和工作流程，形成架構完整、權責明確、流程清晰、獎罰合理的漏損績效考核體系。繼續完善、細化管網水力模型建設，基於管網在線流量、壓力和水質數據，構建市區配水管網在線水力模擬系統，以智能供水調度為重點拓展水力模型的應用。

相較於北京明確的目標與規劃，而且對各細項預定進程皆有所描述，臺北僅設定一項主要目標：2025 年，漏水率控制至 10% 以下。臺北並未明確規範其他執行細節與步驟，而是將漏控 20 年計畫分割為 4 個階段，每個階段視狀況訂定執行方案，推動上較具彈性。但也因此許多技術的研發沒有主軸，往往視高層想法隨機調整，較缺乏組織性，也沒有如北京與中科院這類的長期合作的

科研工作。臺北多半由員工自行發想，每年的提案數量雖多，但缺少系統性的深入研究。

二、澳門

(一)基本數據

澳門位於珠江出海口西側，人口約 64 萬人，其中居住於北方澳門半島人口佔 53 萬人，澳門南方離島佔 11 萬人，2014 年入境旅客高達 3 千 1 百多萬人，觀光流動人口為在地人口的 49 倍，其主要經濟為觀光業。澳門現今的土地係由多年來填海造陸所擴張而成，1912 年時南方兩個離島分開孤立，但至 2000 年代已經透過填海而連成一氣，北方半島也擴張成兩倍大。自來水供水管網全長為 514 公里，此外尚有 32 公里的原水管與 12 公里的再生水管網。

澳門主要原水來自北方珠江支流，因取大河之下游水，每當冬天華南乾季河川流量減少，常受到海水漲潮入侵取水口，而發生「鹹潮」，淨水場被迫暫停取水。因此澳門設有原水儲水池，預先儲水備用，以避免鹹潮來臨時無水可取。澳門的主要淨水場共有 3 處，總出水量為 390MLD（百萬公升/日），為 39 萬 CMD。由於原水水質逐年惡化，其中新的大水塘淨水場甚至必須使用深度處理，以高壓空氣打入原水，使藻類與氣泡結合形成泡狀物，浮出液面後刮除，通過超濾薄膜（Ultra Filtration Membrane），才能成為自來水，淨水過程較臺北傳統淨水場更加耗能。由於觀光興盛，水量需求日亦增加，在原文處理成本逐年增加，開源昂貴，管網節流漏控於是成為澳門的重要工作。

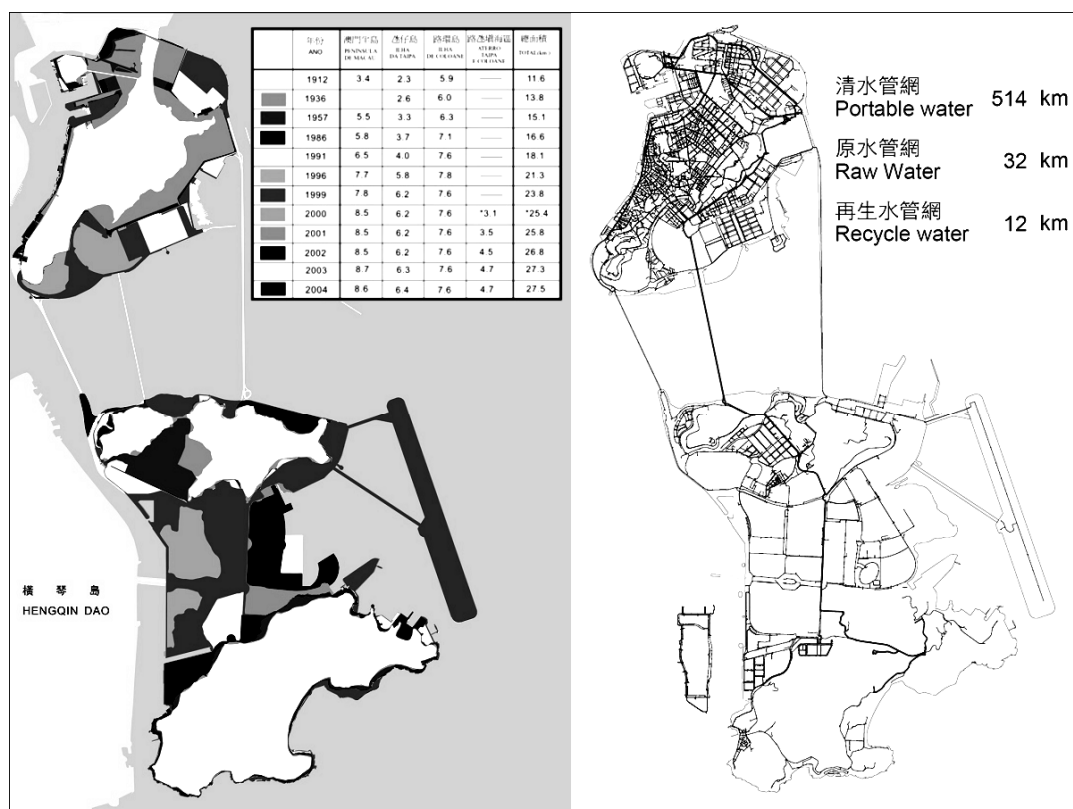


圖 13 澳門歷年填海造陸範圍（左），與供水管網（右）

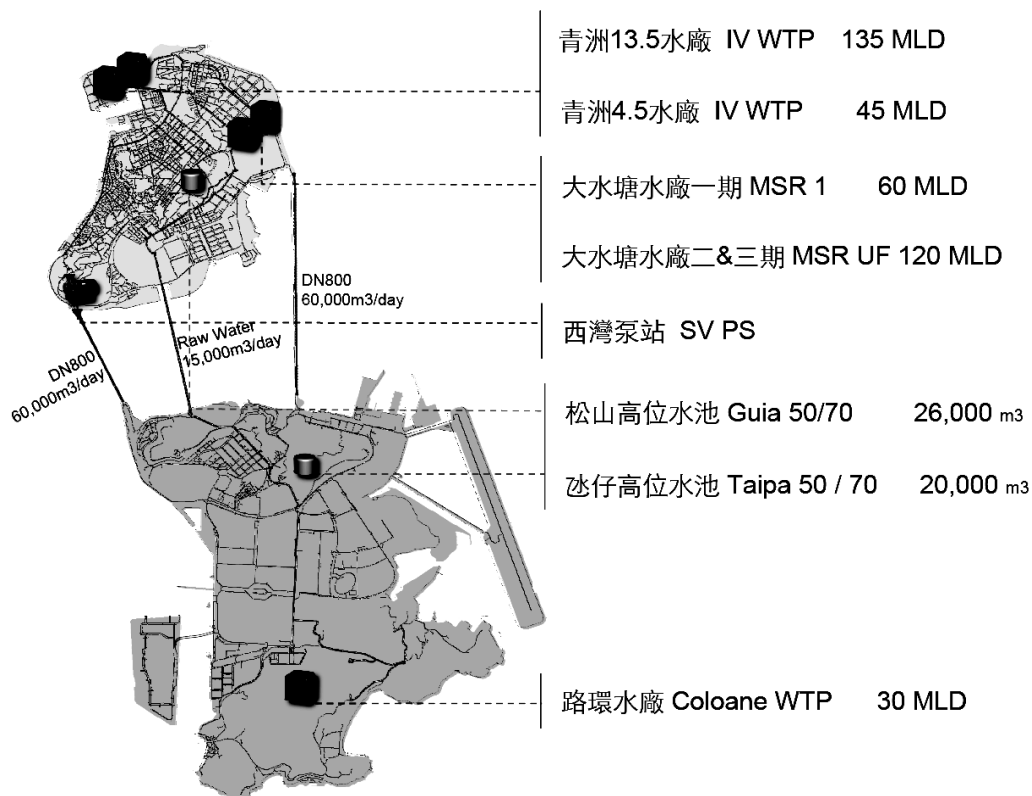


圖 14 澳門的主要淨水場、泵站、與配水池



(二) NRW 管理與團隊

澳門的 NRW 百分比（稱為「產銷差率」），1985 年以前曾經超過 18%，2000 年以前控制在 11~13% 之間，隨後自來水公司發現水表老舊因素引致 NRW 居高不下，因此於 2003 年，大幅更換用戶水表，雖然仍採用與臺灣同等級的 B 級表，但水表更新當下，NRW 立刻下降至 9.8%。由於水表體質逐年衰退，NRW 又回到 12% 上下。澳門也發現表前給水管（稱為「入戶管」）的滲漏也是 NRW 成份之一，因此 2011 年展開入戶管的

更新工程，再次將 NRW 往下控制到 8.8%。

澳門自來水公司持續減少 NRW，除了用戶水表管理、給水管更新之外，並著重管網水壓管理，並組織 NRW 控制團隊，到 2015 年已將產銷差率控制在 8.5%，而且持續下降之中。澳門的 NRW 管理方式，是由「管網團隊」與「客服團隊」共同組成，並設定重要的 KPI 目標值，包含供水分區、漏水狀況、水表狀況、DMA、檢漏、計量等等。由工程與業務兩個領域的同仁一起努力，也彼此互相妥協，制定雙方可行的方案。與臺北全部

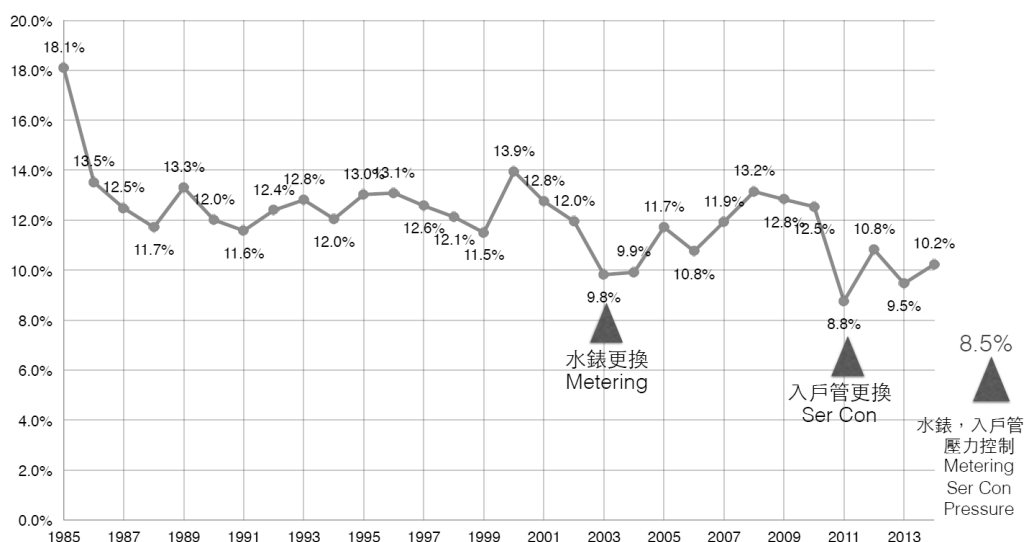


圖 15 澳門歷年 NRW 的變化趨勢圖

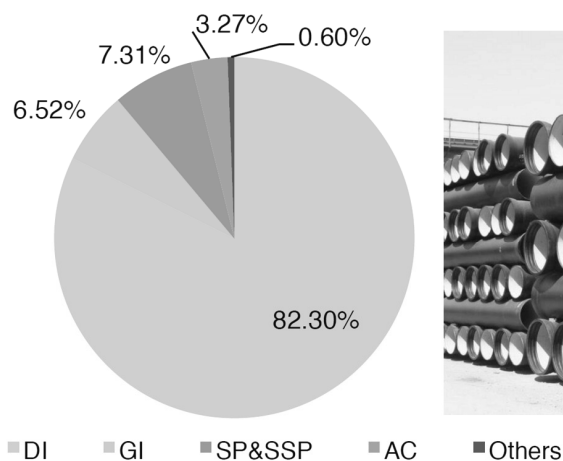


圖 16 澳門現今供水管網的管材比例與 DI 管材照片

由工程人員主導管網改善計劃、制定漏控指標、研創材料規範及水表技術等，業務人員不易插手，甚至無從置喙，在這點上，臺澳雙方的制度不太一樣。目前澳門已經定訂一個「管網更新計劃」，為期 5 年，配水管將汰換成延性鑄鐵管（DI）或鋼管（SP）、給水管將汰換成 SSP。並選擇老舊的石綿水泥管（AC）、鍍鋅鐵管（GI）優先汰換。並對管網爆管、漏水維修頻率高的管段建立登錄資料，於道路主管單位開放挖掘時立刻進場施工。

就澳門所提供的管網材質比例圖，詳圖 16，與臺北類似，配水管都以延性鑄鐵管為主，而且比例都接近八成，即便連鑄鐵管內部也都使用水泥內襯，為一的差別在於臺北

並無石綿水泥管線。此外，澳門也運用 GIS 及管網分析輔助軟體，將待汰換的弱點管材以紅色套繪出來，詳圖 17 所示，並分析計畫中每年更換長度比率之下，每年必須投入的金額、每年整體管網管齡變化、每年每公里爆管率變化趨勢，也可以套疊道路管理單位開放挖掘年份，讓管線汰換的排程與軟體預測結果更貼近實際狀況。如果原計畫模擬出來的投資金額分配太過不均勻，或者爆管率變化趨勢不盡理想，則可再調整原始輸入的年汰換長度比率值，以各種情境 Scenario 模擬，得出不同的汰換模式（Mode），再由其中挑選最佳方案據以執行。但澳門也表示，雖然電腦模擬很快，但也未必全然正確，仍要根據有經驗的人員進行取捨。

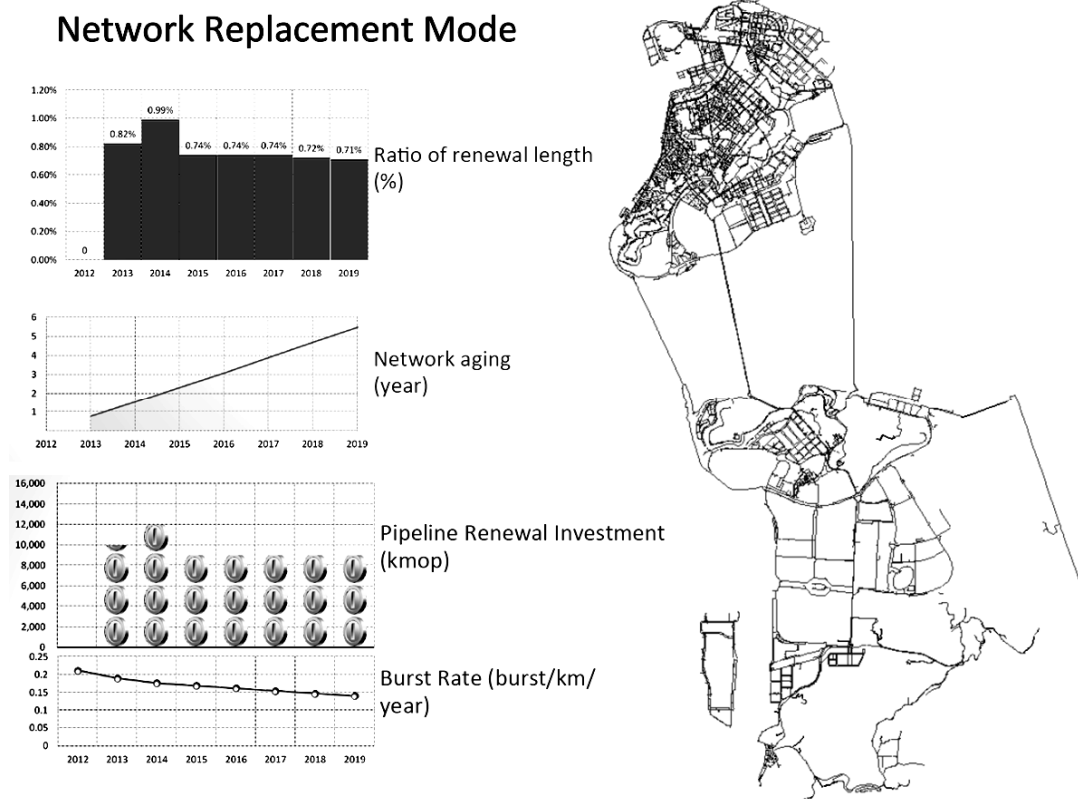


圖 17 澳門管線汰換輔助軟體計算出的某個汰換模式

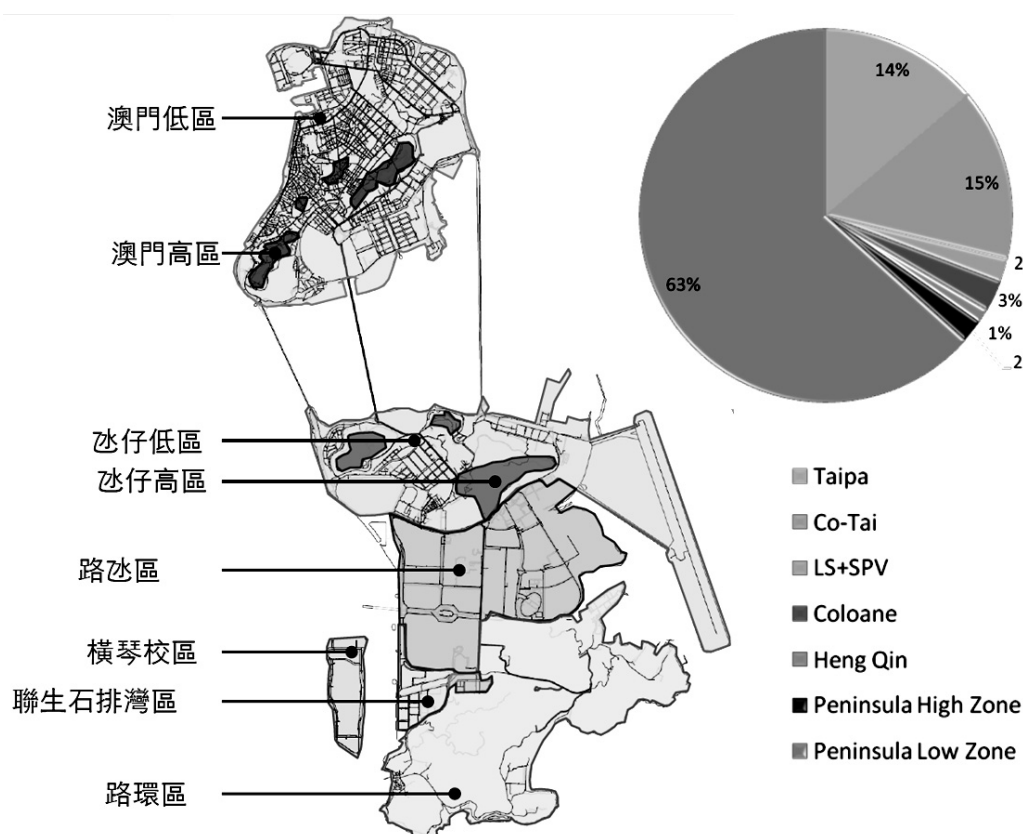


圖 18 澳門劃設之 DMA 分佈圖與供應水量比例圖

澳門 DMA 與臺北的功能性有所差異，前一節介紹臺北的小區主要是搭配管線汰換，用以挑選售水率較低，優先進場，以將汰換的效果最大化，所以區塊較小，而且平常閥門開啟。但澳門 DMA 則是長時封閉，而且區域面積比臺北更大，主要目的用於進行壓力管理，並即時透過流量壓力的監控，了解區域突發事件。如圖 18 所示，澳門劃設 8 個 DMA，於北側澳門半島分為高區、低區，南方的氹仔島也分為高、低區，這類按照高程劃設的 DMA，實際上就是壓力管理區 PMA。由澳門的各區計量結果，可明顯發現，用水量最多的地方在澳門低區 DMA，因為人口密集，用水量佔了全澳門的 63%。經過 DMA 的漏水量實測，也是澳門低區的水量損失總量最高，詳圖 19 所示，雖然澳

門低區的 NRW% 約 12%，並非最高，比起路環區的 17%、路環聯生區的 15%、氹仔低區的 13% 都稍低，但由於澳門低區的人口與管網密度最高、進入的水量也最多，因此漏水最為嚴重。這一區也是澳門最早開發與都市化的區域，當然管線埋設較久，用戶管不但多而且老舊，當然滲漏率高於全澳。

有鑑於此，澳門自來水公司除了規劃於澳門低區汰換最多的管線之外，也特別安排漏水聽音測漏的作業。其漏水檢測包含傳統方式以人工進行夜間巡檢聽音，也佈設許多的漏水音記錄儀，如 Permalog，吸附於管網的制水閥、排氣閥或消防栓上，用以探測管線異常漏水聲音。將澳門低區細分為 22 個測漏區域，除了一個分區沒有測出漏水之外，其餘的 21 個測漏區總共測出 105 件漏水

點，佔了全澳門漏水案件的 73%，詳圖 20 所示。其中漏水點 5 件以上的測漏區共有 11 區，單一測漏區測出最多件數為 16 件，儘早修復以避免管網滲漏惡化。澳門的測漏分區十分相近於臺北的巡迴檢漏分區，與 DMA 以計量為導向的功能不同，純粹是按照過去暗漏發生頻率與街廓大小所劃設，但臺北完全委由專業測漏廠商自行規劃，按照廠商的期程巡迴測漏，不太干涉其路徑，近年來新增的稽核機制是要求廠商巡迴測漏時配戴 GPS 接收器，以讓臺北分析廠商檢測路線，是否完整覆蓋轄區。

(三)案例分享

澳門本次特別分享該公司所使用的智能管理工具（Smart Network Tool）於 DMA、大用戶表的監控管理。澳門自來水公司使用法國蘇伊士環境公司（SUEZ Environment）所開發的 Aquadvanced 系統，對轄區內的

DMA 進行監控，由於蘇伊士為澳門水公司的母企業體，因此屬於自有技術，不需額外付費採購。Aquadvanced 可將安裝於供水轄區內的流量、壓力記錄器於電腦螢幕呈現數值，以日、週、月、季、年的方式繪製趨勢線，並自動計算 DMA 的產銷差率，詳見圖 21，氹仔島與路環島一帶劃設的 5 個 DMA 中，因路環小區的夜間最小流愈來愈大，產銷差逐漸增長，而出現紅色警示，提醒水公司應進行處置。由於軟體可觀察各區塊的漏水狀況與供銷表現，故稱之為 Water Networks Performance Tool。

澳門的觀光事業非常興盛，常住居民僅約 62.4 萬人，到訪遊客卻高達 2900 萬人，遊客用水量遠比長住居民多，其下榻酒店更是澳門水公司的主要用水客戶，必須隨時關注用水量。2000 年之後於氹仔島與路環島間陸續填海所形成的路氹區，該海埔新生地目

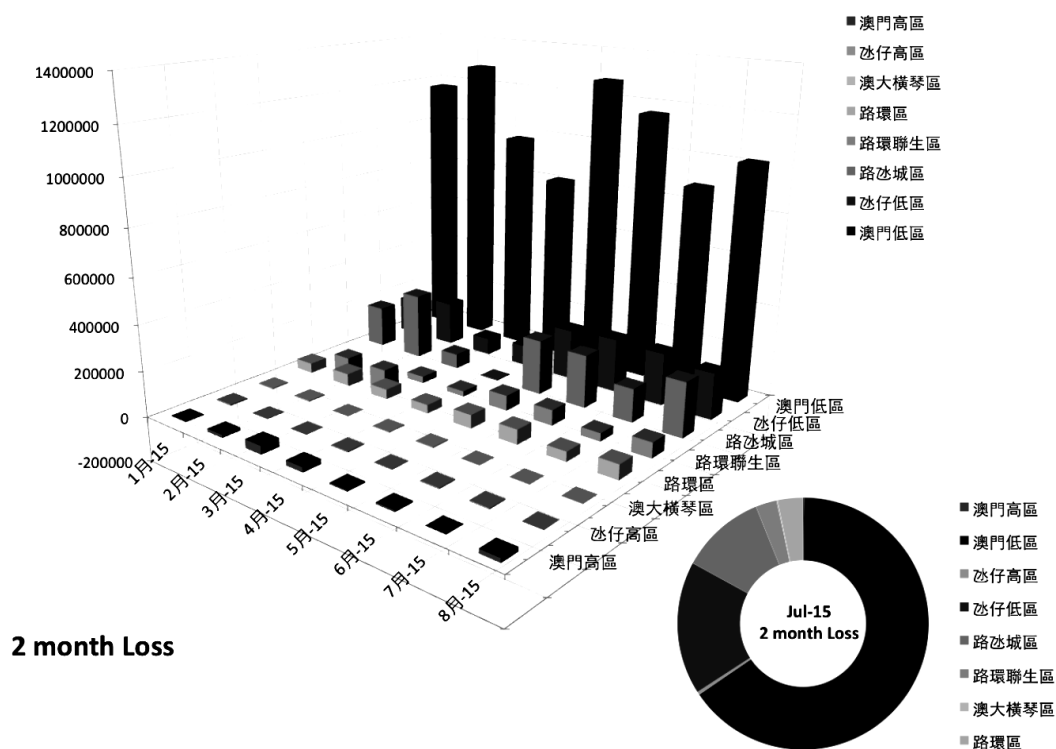


圖 19 澳門各 DMA 於 2015 年 1-8 月水量損失比例圖

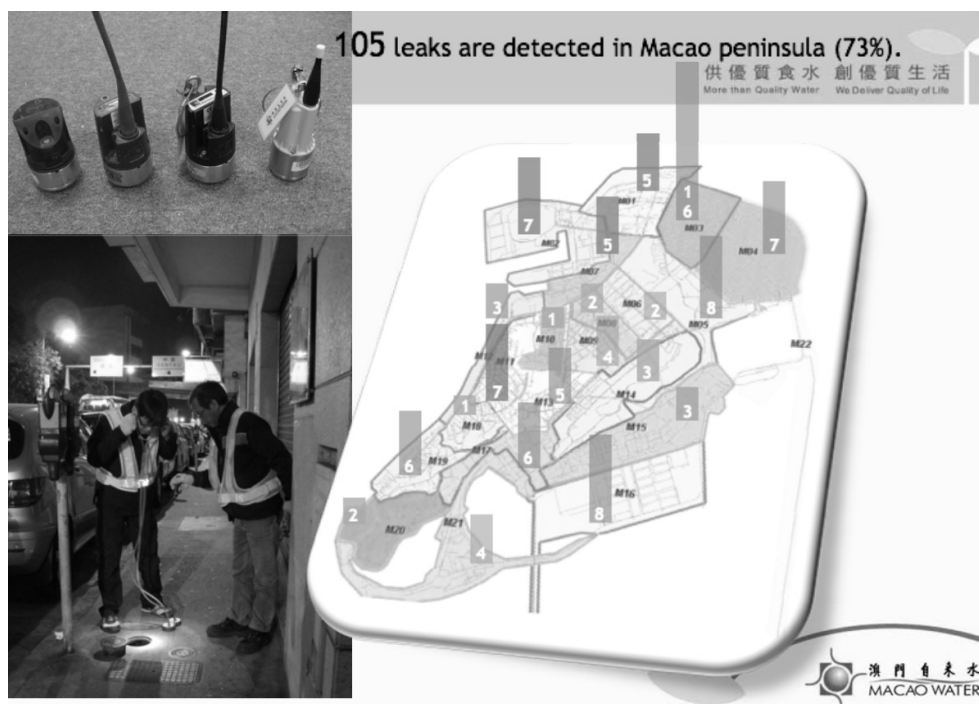


圖 20 澳門半島的漏水檢測工作與測出案件分佈

前布滿眾多渡假娛樂酒店，以最豪華的威尼斯人酒店為例，每日最大用水量可超過 1 萬噸，每月抄表度數可達 25 萬度，十分驚人，如不加以即時監控，當水表故障等到抄表才發現，將是澳門水公司的鉅額損失。因此對於超級用戶表安裝自動讀表設備 AMR，並將訊號導入 Aquadvanced 系統，以便即時監控，如有用水異常可以儘早處理，也可發現酒店內線爆管洩漏當下，迅速通知用戶修復，以避免雙方日後水量計費紛爭。此外，該系統也對大用戶表的夜間最小流量增長趨勢進行長期觀察，如果趨勢日漸增加，則可能是酒店內的微漏量擴張，應安排內線檢修為宜，以預防小漏變成爆管。

該軟體也具有智能推論與智慧判定的功能。系統可利用收集的歷史資料，如流量歷時紀錄，將瞬間流量區間繪製上下包絡線，代表在這個包絡線上下界內的流量為合理工況，如果實際流量大幅超出包絡線，則

系統將判定為異常事件，而發出警報。以橫琴校區 DMA 為例，詳圖 23 所示，紅色的面積為上下包絡線所圍的合理工況區間，藍色的折線為 DMA 實測進水流量，其中於 4 月 19 日凌晨，夜間最小流突然飆高，衝出上包絡線，4 月 20 日狀況依舊，因此於 4 月 20 日上午即刻派員檢修，修妥後隔日夜間最小流即回歸正常。

相較於澳門，臺北也使用類似包絡線的概念，對於小型社區的泵站出流量、或者配水池流入管網的水量，將過去歷史流量紀錄以機率原理繪製 95% 合理區間，如果實際流量超出合理區間，則可能發生異常事件。此外，對於大用戶 AMR 的建置，臺北也有類似的計畫正在執行中，主要目的也與澳門相仿，更增加了用水模式與水表衰退分析，並按照臺北在地需求而客製分析軟體，並非採用套裝軟體。

（本文待續，詳見下期）

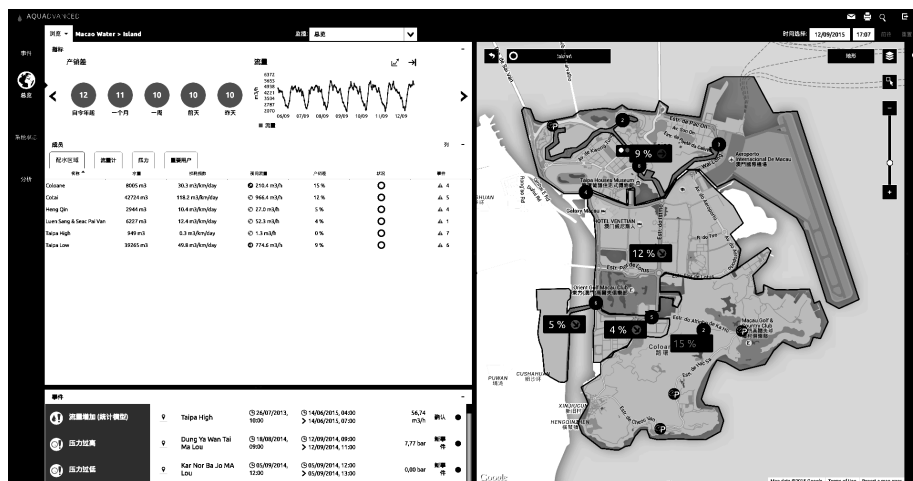


圖 21 澳門使用 Aquadvanced 系統管理 DMA

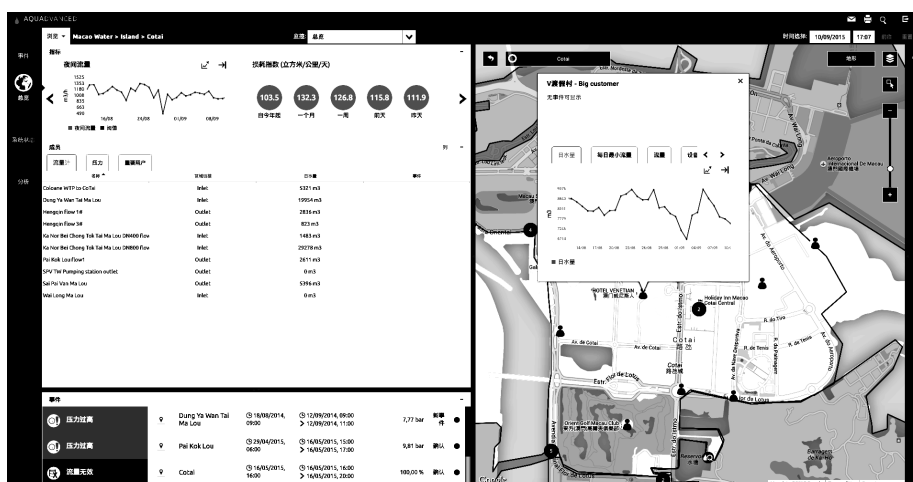


圖 22 監控超級大用戶（威尼斯人酒店）大表流量

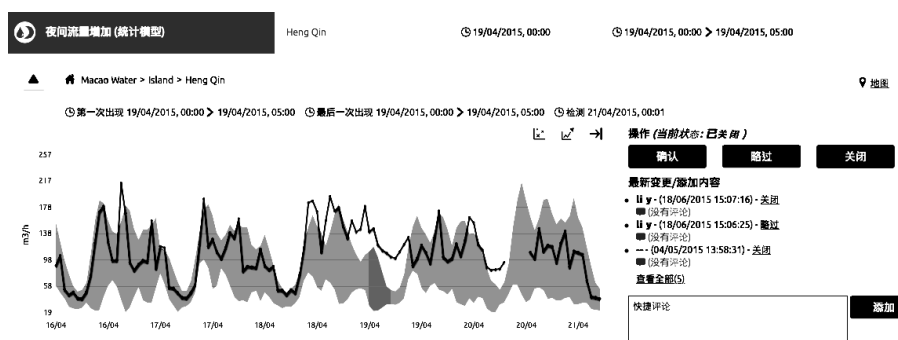


圖 23 以 Aquadvanced 系統進行智能推論並疊合實際流量

參考文獻

1. 6th IWA-ASPIRE 北京, Waterloss Control forum 會議資料, International Water Association

作者簡介

黃欽稜先生

現職：臺北自來水事業處供水科 二級工程師

專長：管網改善、漏水控制、數值分析



「你知道嗎？」

水與都市化 WATER AND URBANIZATION

本刊編輯小組編譯

**MORE THAN HALF
OF THE WORLD
POPULATION -
OVER 3.5 BILLION
PEOPLE - LIVES
IN CITIES**

全球有超過一半的人口(逾 35 億)居住於都市

**EVERY SECOND,
THE URBAN
POPULATION
GROWS BY**

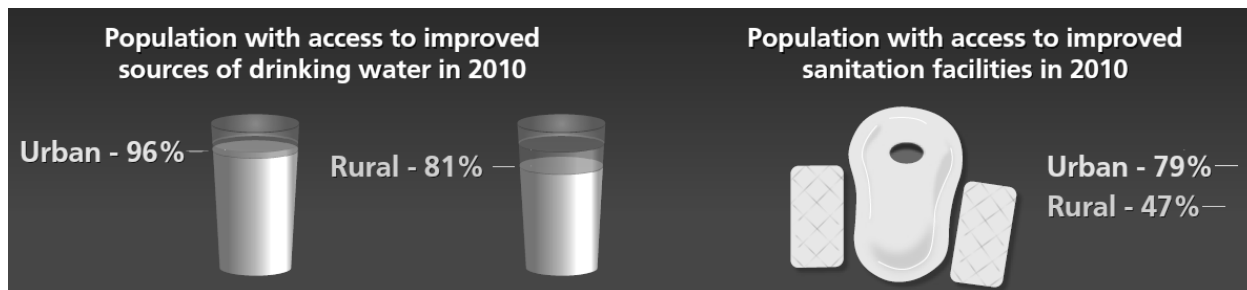
**2
PEOPLE**

都市人口每秒鐘就增長 2 人

THERE IS BETTER ACCESS TO WATER AND SANITATION SERVICES IN URBAN AREAS

都市較鄉村擁有較完善的供水服務及衛生設施

享有潔淨飲用水人口比率-都市 96%、鄉村 81%；享有衛生設施人口比率-都市 79%、鄉村 47%



827.6 million people live in slums, often lacking adequate water and sanitation services. 227 million people have moved out of slum conditions between 2000 and 2010, mainly as the result of slum upgrading.

有 8.27 億人口居住於供水服務及衛生設施匱乏的貧民區。

2000 年到 2010 年間，由於貧民區的供水服務及衛生設施的條件改善，使 2.27 億的貧民脫離貧困。

Increase of overall slum population between 2000 and 2010: 6 million people a year.



On these trends, the world slum population should reach 888 million by 2020.

2000 年到 2010 年間，貧民人口每年成長 6 百萬人，依此推估，2020 年全球貧民人口將達 8.88 億人。