

## 自來水會刊第 33 卷第 4 期目錄



### 特 載

金門縣太湖水場增設高級淨水處理設備工程簡介……………王登緯、陳德華、陳建志…… 1

### 實務研究

以數支給水管取代配水管對小區管網壓力影響分析……………李中彥、陳晟彬…… 9

傳統淨水程序生物可分解有機碳去除探討……………薛志宏、張玉玲、張美鳳…… 15

### 每期專題

#### 自來水營運管理

自來水事業資產活化管理之研究--以臺北自來水事業處為例……………陳惠鈴…… 24

員林營運所節約供水場站動力費之探討……………陳文祥、林健益…… 31

「虛擬」分區計量管網之應用探討……………李丁來、陳郁仁、隋忠寰、張敬悅…… 40

從0到1—台水公司治理之沿革與前瞻……………陳佩君、莊東明…… 49

開發人力資源及促進組織發展工具—行動學習之探討……………王雪芳、莊淑惠…… 62

### 一般論述

圓形水池結構設計之研討……………曾浩雄…… 73

### 他山之石

法國Morsang-sur-Seine高級淨水處理場參訪心得……………林正隆、黃聖然…… 85

### 自來水工作現場

自來水DIPΦ700 抽換管線工程試關水施工作業……………葉松樺、朱健行…… 96

### 協會與你

歡迎投稿 104年「每期專題」…………… 61

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 8

封面照片：金門太湖高級淨水處理場（金門自來水廠提供）

## 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。機關出版名：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 [cllin@mail.water.gov.tw](mailto:cllin@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](http://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：陳福田

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

吳美惠

委員

駱尚廉、葉宣顯、陳曼莉、陳錦祥、蘇金龍

張怡怡、林財富、周珊珊、蕭宏民、李丁來(兼秘書)

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：吳美惠

執行主編：李丁來

編審委員

鄭錦澤、黃建源、陳孝行、陳志銘、簡俊傑

洪世政

執行編輯：林正隆

電話：(04)22244191 轉 824

行政助理：古藜苓

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

# 金門縣太湖水場增設高級淨水處理設備工程簡介

文/王登緯、陳德華、陳建志

## 摘要

太湖淨水場係一個傳統淨水流程的淨水場，因受限於設備老舊、無備載機組可供輪修保養、原水水質惡劣…等因素，以致產能不足且產水水質亦不佳。為解決上開問題，爰金門縣自來水廠（下稱水廠）於 101 年開始規劃進行太湖淨水場整建及功能提昇工程。

水廠在觀摩台灣省自來水公司（下稱台水公司）澄清湖、拷潭及翁公園三個高級處理淨水場後，考量「金門太湖淨水場整建及功能提昇工程」若採用統包工程再結合 15 年長期代操作方式辦理招標，係屬具有效益之妥善規劃。爰最終決定採用台水公司之建議（採統包加長期代操作之方式辦理招標，並採最有利標方式辦理決標）辦理本案。

然因水廠同仁缺乏辦理統包最有利標之經驗，初期出現抗拒態度。為減少阻力並建立內部支持，水廠主管積極鼓勵同仁參加教育訓練，充實相關知識技能，減輕辦理陌生業務的不安定感；並充分與承辦同仁溝通，傾聽其所擔憂之問題，並共同就工程會規定的採購程序研討、增加多項更嚴謹、精進的措施，讓同仁放心、工作得以順利推動。

由於原水水質惡劣，在淨水處理技術及流程部份係一大挑戰。台灣世曦工程顧問公司（下稱世曦公司）為提出最有益之規畫，特別將規劃報告中的「處理效能評估暨功能提昇模擬試驗專案研究計畫」工作委託

財團法人成大研究發展基金會協助辦理，藉由各項分析、試驗，建立出太湖淨水場整建及功能提昇工程最佳之操控方案。此外，為能集思廣益，水廠亦邀請國內具多年實務經驗及學術理論之專家、學者協助審查，使規劃及基設成果更臻完善。

本案工程在經由嚴謹採購評選程序後，終於在 102 年 6 月 27 日完成最有利標廠商之決標，並找到具有大型淨水場（高雄澄清湖 40 萬噸/日）高級處理單元興建及操作優良實績之廠商－中字環保工程股份有限公司（下稱中字公司）。水廠於同年 8 月依統包工程合約將太湖淨水場移交與中字公司負責操作與維護後，私人企業的專業性與效率明顯嶄露，既有系統經過統包商積極進行設備修復、更換與改善，過去一年太湖淨水場的出水量與供水水質已有非常大的改善。另金門的工程資源相對匱乏，本工程可以如質、如期完成，採統包工程加長期代操作之方式辦理招標並採最有利標方式辦理決標的策略，是本案成功的主要關鍵。

## 一、前言

金門是一個島嶼，受限於地理條件，主要水庫集水區皆位在既有之住宅聚落和農牧區內，難以依自來水法劃設水質水量保護區，致水源易受生活污水、畜牧廢水、農田施肥及用藥等污染，又湖庫小、淺，湖水不流動，致優養化嚴重，藻類繁殖茂盛（圖 1、圖 2）。

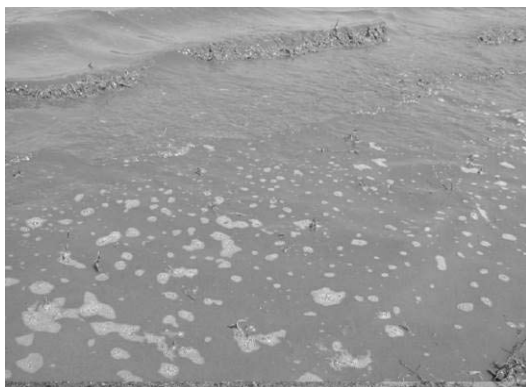


圖 1 太湖藻華照片



圖 2 太湖藻華照片

依近年監測結果，主要水庫「優養化指數」達 70，「總有機碳」濃度亦曾高達 25mg/L，超過水源水質標準(4mg/L)數倍以上(詳如圖 3)。又查環保署 96 年委託專業團隊辦理「飲用水水源及水質中產毒藻種及藻類毒素之研究」，金門最大之太湖水庫，被列為嚴重優養化水庫，水中微囊藻數超過「世界衛生組織」遊憩用水中藍綠細菌管理的第二級警戒建議值。

另金門地區部份水庫鄰近海邊，鹽化嚴重，致「總溶解固體量」及「氯鹽」等兩檢項濃度亦偏高。

金門縣政府為解決長期供水的困境，近年來努力進行多管齊下方案，包括對飲用水水源的保護整治、既有淨水場功能提昇、海水淡化場建設及自大陸引水計畫等。其中太湖淨水場為金門最主要的淨水場，有太湖／

田埔／金湖／陽明湖等湖庫為水源供聯合運用，尚可提供現階段的用水需求，惟各湖庫水質污染物差異頗大，如何因應既有條件整合最佳化的處理方案及操作運轉技術是非常巨大的挑戰。因此，水廠引進專業團隊進行太湖既有淨水場功能提升方案，經歷兩年多的努力推動，終於開花結果。「金門地區太湖淨水場整建及功能提昇工程」已完工並進入整體功能試車階段，自來水品質脫胎換骨，過去金湖地區居民對自來水水質不理想的印象亦為之改觀。

## 二、太湖淨水場問題分析

太湖淨水場係在民國 86 年興建(圖 4、圖 5)，是一個傳統淨水流程(氣曝塔／前加氯／混凝／浮除／快濾／慢濾／後加氯／清水池)的淨水場，當時設計最大出水量為 12,000 噸/日，惟受限於設備老舊、無備載機組可供輪修保養、原水水質惡劣…等因素，以致近年來平均操作出水量(淨水能力)僅剩約 4,500~5,000 噸/日。

供應太湖淨水場之原水包括太湖/田埔/金湖/陽明湖等湖庫，該湖庫主要水源來自集水區降雨匯入之溪水，因流域須經過住宅聚落和農牧區域，故收集之表面逕流水易受污染。又受污染湖水長期停滯儲存及日光照射下，致藻類滋生、優養化嚴重；湖水處於藻類生長繁殖與死亡分解的循環及污染物不斷流入湖庫，形成營養性高的沉積底泥。

雖其中之金湖水庫有機物及氨氮含量略低、水質較佳，但湖水因海水入侵含鹽分較高，僅可以適當的調配比例做為穩定水質與水源之用；又經調配後太湖淨水場的水源仍有高 T O C / 高氨氮 / 高鐵錳 / 高導電度的問題。

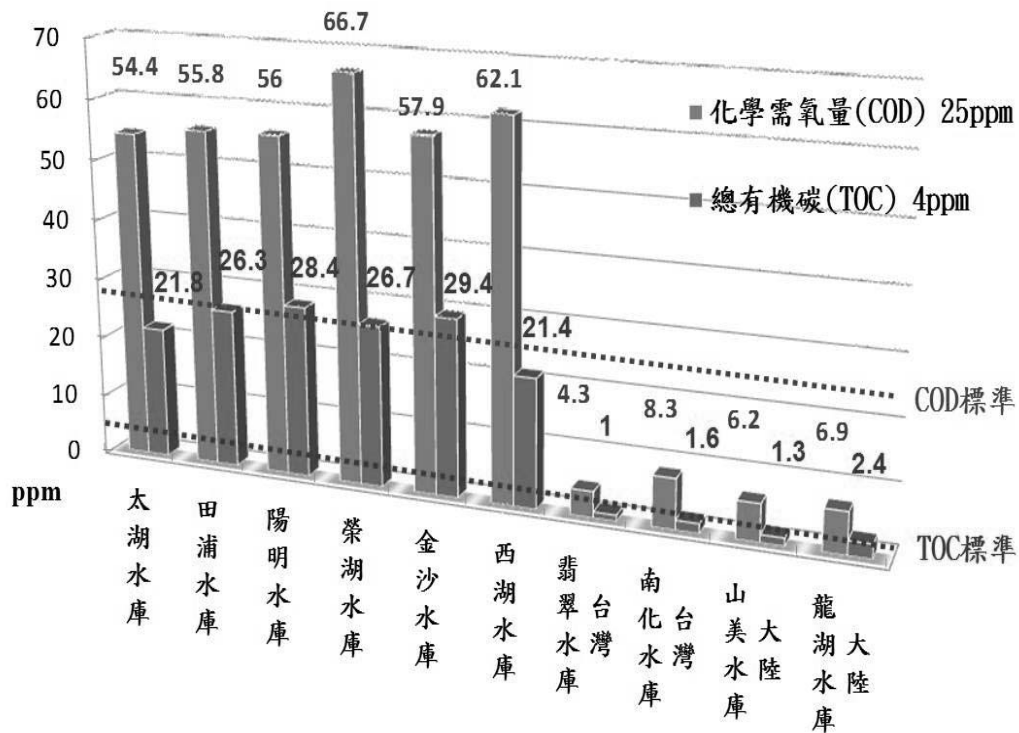


圖 3 100 年度金門主要水庫原水水質與台灣及大陸水庫比較



圖 4 太湖淨水場照片



圖 5 太湖淨水場照片

經過既有淨水處理流程處理後之水質雖可符合飲用水標準，然因原水氨氮高，處理過程中加氯量大，且慢濾後仍殘留高有機碳物質，後加氯時易產生較高的氯臭味道及消毒副產物，致口感不佳，長期為民眾所詬病。

### 三、工程規劃及推動

近年來，金門大力發展觀光旅遊，多項民間大型投資案，正積極建設當中，未來用水量將逐年急劇增長。為解決太湖淨水場之淨水設備老舊、產能不足與產水水質不佳之問題，提昇自來水品質，滿足民眾對高品質飲用水之需求，爰水廠於 101 年開始規劃進行太湖淨水場整建及功能提昇工程。

水廠在台水公司協助安排下，觀摩澄清湖、拷潭及翁公園三個高級處理淨水場（均由廠商施工後接續 15 年的代操作），座談會中，台水公司建議水廠可參考該公司做法，採統包工程加長期代操作；並善用最有利標找到好廠商，俾供水業務順利。

考量「金門太湖淨水場整建及功能提昇工程」若採用統包工程再結合 15 年長期代操作方式辦理招標，由於設計、施工及未來的營運操作皆為同一廠商，所以沒有界面問題，責任明確；又廠商考量未來長期操作營運之成本及穩定性，當願意投入更佳之技術、設備，及提高施工品質，屬具有效益之妥善規劃。又依照工程會 101 年 10 月 2 日工程企字第 10100371750 號函示：「統包工程具異質性…爰統包工程應採最有利標方式決標。」爰最終決定採用台水公司之建議辦理本案。

本工程之規劃、基設及監造之技術服務工作，經公開評選委由世曦公司辦理。世曦公司為力求完善，將規劃報告中的「處理效能評估暨功能提昇模擬試驗專案研究計畫」工作委託財團法人成大研究發展基金會(成大環工所葉宣顯教授研究室)協助辦理，藉由分析原水、各單元出水及清水水質，以瞭解原水水質隨時間變化情形，以及現行與未來高級淨水程序、操控方式之處理效率，同時輔以實驗室之試驗，建立出太湖淨水場整建及功能提昇工程最佳之操控方案。

此外，為能集思廣益，水廠邀請史午康、李丁來、柯祖穎、翁自保、陳文祥、黃志彬(以上委員依姓氏筆劃由少至多排序)等專家、學者協助審查；感謝委員實務經驗及

學術理論的意見提供，使規劃及基設成果更臻完善，並能符合地區水質條件、供水需求。

而在辦理工程採購階段，雖然本案已先辦理觀摩，並依法令做好採購策略規劃，然在過程中仍發生一點小插曲。剛開始推動時，承辦同仁稍有抗拒；經溝通後才了解，原來水廠同仁都沒有辦理統包最有利標之經驗；又最有利標廠商之產生，係由評選方式決定，而本案含代操作之預算超過新台幣 13 億元，同仁擔心容易招人質疑、背負過大責任。綜整同仁對於辦理「統包最有利標」有恐懼感，主要問題在於：

- (一)沒有辦理統包最有利標之經驗。
- (二)最有利標廠商之產生，係由評選方式決定，同仁擔心容易招人質疑，特別採購過程中幾個重要環節包括：
  - 1.總顧問（規劃單位）完成之招標文件，廠商投標資格、工期、預算等是否合理？淨水流程、單元設備有無限制競爭之情形？
  - 2.評審委員之產生。
  - 3.評審委員之客觀性、公正性。
- (三)淨水流程、設備單元最好允許投標廠商提替代方案，以避免廠商質疑有限制競爭之情形；惟如果允許廠商提替代方案，則工作小組辦理初審作業之技術困難度將超出負荷。

為讓同仁放心，俾工作順利推動，本案推動過程中水廠主管充分與承辦同仁溝通，傾聽其所擔憂之問題，並共同就工程會規定的採購程序研討、增加多項更嚴謹、精進的措施，具體做法臚列如下：

- (一)鼓勵同仁參加最有利標訓練，並將問題

向老師請教。

- (二)聘請多位專業委員成立審查小組，對總顧問所提規劃報告、基本設計及招標文件做好審查把關工作。
- (三)不同廠商各有其專業長項，為避免讓人質疑有指定廠商之嫌，招標文件特別規定，允許投標廠商提替代方案。
- (四)特別在基本設計完成，即先公開徵求廠商意見，讓有意參與投標之統包商充分瞭解本工程之特性及需求。
- (五)公開徵求意見及公開閱覽階段，對廠商所提意見，皆請總顧問確實檢討，並採開放態度檢討修訂基本設計及招標文件，增加廠商投標意願。
- (六)因為允許廠商提替代方案，工作小組初審作業技術困難度增加，特別委請台灣大學環工系教授組成四人審查小組，協助辦理初審。並在評選會議前，將初審意見與廠商投標文件一併寄送評選委員，提供委員參考及審閱。
- (七)最有利標結果是否公正，最重要的關鍵仍在於評選委員。有關評選委員之組成，金門縣政府派一員、金門縣自來水廠一員，部分由水利署、台灣省自來水公司、台北市自來水處等機關推派；其他則由承辦課自工程會網站名單，按委員專業屬性與本案最接近者排序，逐一依序洽詢後組成。
- (八)評選會議時間之決定：以一整週的時間來洽詢委員，並以委員出席率最高的時間來安排會議。

在經由嚴謹採購評選程序，水廠最終由四家投標廠商中評選出中字環保公司為最

有利標廠商；該公司因有台灣自來水公司澄清湖高級淨水場建廠，以及十多年的高級淨水場代操作成功經驗，而備受評審委員肯定。中字得標後隨即進入細部設計、審查、開工、施工等階段，並依約於 103 年 10 月 15 日如期、如質完成，刻正進入整體試運轉階段。

#### 四、處理技術及流程

針對太湖淨水場須處理的原水水質挑戰：高藻類/高 T O C /高氨氮、鐵、錳/高導電度，中字公司經由原水水質及既有單元效能追蹤/小型處理模試單元水質評估等，配合既有設備的效能提昇，規劃完整的處理流程方案：

原水調節池→生物硝化池→混凝浮除池→快濾池→慢濾池→超濾 U F → 奈濾 N F → p H 調整→加氯消毒→清水池供水

各單元功能說明如下：

- (一)原水調節池：因應不同湖庫水質先進行混合調勻水質，增加水質穩定性。
- (二)生物硝化池：利用生物預處理方式進行氨氮硝化/鐵錳氧化功能，降低加氯需求。
- (三)混凝浮除池：注入混凝劑進行快慢混程序，促進藻類及濁度物質之凝聚，再利用溶解空氣浮除系統除去膠羽，產生澄清出水。
- (四)快濾池：以無煙煤及石英砂雙濾料過濾系統去除浮除出水的殘留濁度物質，降低慢濾系統的阻塞風險。
- (五)慢濾池：利用慢濾池表層形成之生物膜截留藻類/濁度物質及分解溶解性有機物質，降低水中總有機物含量及進一步

去除濁度。

(六)超濾系統：利用 U F 超濾膜過濾去除更細的膠質及濁度物質，以防止後續 N F 膜被污堵。

(七)奈濾系統：利用 N F 膜濾除溶解性有機分子及部分除鹽功能，使水質達設計要求。

(八)PH調整：因 N F 產水水質可能呈微酸

性，視水質利用加鹼調整 pH，提昇水質穩定性。

(九)加氯消毒：產水進入清水池前注入漂白水進行最後的消毒步驟，使供水保持一定餘氯，提昇用水安全。

因 N F 產水已去除大部份有機物，故耗氯物質低，僅少量加氯即可維持餘氯需求，大幅降低消毒副產物及氯臭味，提昇口感。



太湖高級淨水場鳥瞰示意圖



UF 超濾系統設備



NF 奈濾系統設備

## 五、工程具體效益

- (一)水質改善，提供金湖鎮民眾安全、健康用水。
- (二)產水量由原來 4,500CMD 提升至 8,000CMD，舒緩供水壓力。
- (三)節省營運成本：由於金門湖庫水質惡劣，目前金沙鎮榮湖淨水場由水廠自行操作每度高級水之營運成本約 50 元（高級單元部份為活性炭/UF/RO），而本案委外代操作產出每度高級水僅需付廠商 23 元。並且完工後 15 年之操作期間，所有設備之維護、更新，皆由廠商負責。

## 六、結語

水廠為徹底改善太湖淨水場長期的供水問題，汲取台灣自來水公司改善大高雄地區供水計劃之經驗，以統包工程再加 15 年委託代操作方式推動執行「金門地區太湖淨水場整建及功能提昇工程」。在承辦人員及統包商盡心盡力下，終於如期、如質完成工

程之建設及試運轉出水，大幅提昇太湖淨水廠的供水水質與水量，未來水廠仍將全力監督承包商依約維持本淨水場出水之水質水量需求，以提供金門地區質優量足的高級用水。

## 七、工程基本資料

- (一)工程名稱：金門地區太湖淨水場整建及功能提昇工程
- (二)主辦機關：金門縣自來水廠
- (三)規劃、監造單位：台灣世曦工程股份有限公司
- (四)統包商：中宇環保工程股份有限公司
- (五)契約金額：新台幣 13 億 1 千餘萬元，其中統包工程費為 2 億 6 千 8 百餘萬元，其餘為代操作維護費。
- (六)工程決標日期：102 年 6 月 27 日
- (七)開工日期：102 年 12 月 10 日（統包商完成細部設計經機關審查核定後開工）
- (八)完工日期：103 年 10 月 15 日

### (九)工程目標

1. 提昇產能：產能由 4,500CMD 提昇至 8,000CMD。
2. 改善水質：除一般飲用水質標準外，特別要求：
  - (1)濁度 < 0.2NTU
  - (2)總三鹵甲烷 < 60  $\mu$ g/L
  - (3)總溶解固體物 < 450mg/L
  - (4)總有機碳(TOC) < 2mg/L
3. 引進專業：以專業顧問公司進行規劃及可行性分析，掌握問題核心降低設計風險。並採用統包工程加委託長期代操作模式及最有利標方式評選優質統包商。
4. 降低成本：引進專業團隊代操作方式降低產水成本，提昇金門縣自來水廠經營績效。

### 作者簡介

#### 王登緯先生

現職：金門縣自來水廠廠長

專長：土木工程、營建管理

#### 陳德華先生

現職：台灣世曦工程股份有限公司工程師

專長：淨水場及污水處理工程、污水下水道管線工程

#### 陳建志先生

現職：中宇環保工程股份有限公司協理

專長：轉動機械設計、工程專案管理

## 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。

# 以數支給水管取代配水管對小區管網壓力影響分析

文/李中彥、陳晟彬

## 摘要

都會區自來水管線施工最大的阻力是地下充滿各類管線障礙，影響施工進度與漏水改善成效，面對管障之因應對策，第一線監造工程司之態度決定後續漏水改善成效，所謂「格局決定結局」，不可不慎。

受限於地下管障與路面淨高限制，配水管線遭遇管障時，除「留用舊管」或「逕予封管」外，以數支給水管取代配水管成為現場常用之替代方案，然而，此做法對於小區管網壓力及用戶用水量之影響，以往缺乏水理分析作為依據，致使偶有發生施工後用戶水壓降低，造成民怨，影響自來水管線汰換成效。

本文以新北市永和區保順路一帶小區計量區域，以實際案例進行水理分析，並與現場量測水壓進行分析比較，提出最佳化之改善方案，期使未來施工遇管障，需以數支給水管取代配水管作為替代方案時，有所依循和參考。

關鍵字：管線障礙、水理分析、小區計量

## 一、前言

為減少漏水，提昇供水效能，臺北自來水事業處（以下簡稱本處）近年來持續推動管線汰換工程。民國 92 年起，本處進一步導入「小區計量」觀念，透過區塊規劃、裝表計量、管網改善及長期管理等四大步驟，全面投入大臺北地區之漏水改善作業。

大臺北都會區自來水管線汰換遇到最

大的難題，就是地下佈滿各類管線。早期本處配水管埋設較深，隨著時間演進，其上易遭各類管線障礙覆蓋，如地下有設置排水箱涵，因各類管線集中於道路一側，管線抽換施工將更為困難（圖 1）。

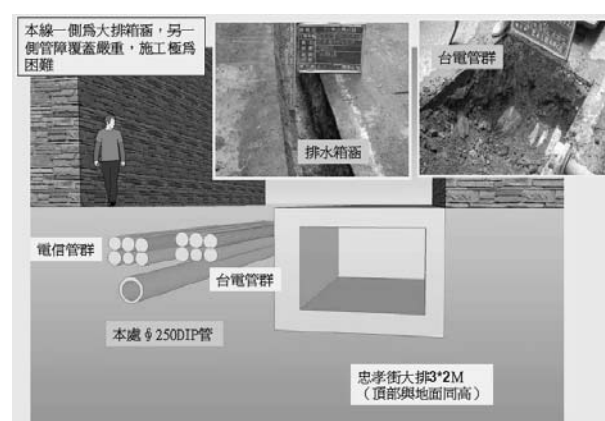


圖 1 配水管遭地下管障覆蓋示意圖

配水管施工遇管障時，可採取方案有：留用舊管、縮小配水管口徑、封管及以數支給水管取代配水管等多種方案，其中各種方案之分析比較詳如表 1 所示。

依上述分析，都會區辦理管線施工時，經常遇到各類管線障礙，如新設配水管無法穿越管線障礙時，現行作法為經常以數支給水管取代配水管，以利形成管網。以上行之有年之作法，對於管網水壓、管線流速之影響，以及對小區封閉後單一進水點之衝擊，以往未進行相關水理分析評估，時有造成用戶施工後抱怨水壓降低（無法直上頂樓水塔或熱水器點不著等），實有待建立水理分析模型評估其影響及衝擊，以利施工遇管障無法穿越時有所依循。

表 1 施工遇管障各種對策優劣分析表

	優點	缺點
留用舊管	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 遇管障直接連絡舊管，施工迅速。</li> <li>• 不會破壞其他管線，造成糾紛。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 舊管如有漏水或不明接水點，連絡舊管無法解決漏水問題，造成售水率無法提生瓶頸。</li> <li>• 舊管未汰換，恐造成未來漏水之不確定因子，不利小區漏水長期管理。</li> </ul>
封管	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 遇管障直接將配水管封管，施工迅速。</li> <li>• 不會破壞其他管線，造成糾紛。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 配水管封管後，可能造成管線由雙向供水變為單向供水，不利管網聯通及水壓均化。</li> <li>• 管末端須設置消防栓定期排水，增加日後長期管理困擾。</li> </ul>
縮小配水管口徑	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 配水管口徑縮小，仍維持配水管功能，對供水管網功能及水壓維持較穩定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 施工困難，拉長施工時間，以衍生路證逾時等問題。</li> <li>• 為維持配水管通過之必要高度，可能需局部破壞管障，易造成後續糾紛。</li> </ul>
已數支給水管取代配水管	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 仍維持部分配水管功能，對供水管網及水壓維持相對穩定。</li> <li>• 給水管口徑較小，通過其他管障時無須破壞，避免衍生後續糾紛。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 以給水管取代配水管，其口徑、支數無水理分析資料，難以評估影響，施工時全憑經驗。</li> <li>• 如給水管口徑、支數不足時，恐造成局部水壓降低，影響用戶用水。</li> </ul>

## 二、分析工具EPANET簡介

EPANET 是由美國環保署 (U.S. Environmental Protection Agency) 國家風險管理研究實驗室發展的程式，用於進行由管、節點、抽水機、閘和水池或者水源組成的壓力管網分析，可計算每段管中水的流量，各個節點的壓力，水池的水位高度，並可計算各個時段之變化值，其分析結果可用多種形式表現，包含以顏色區別的管線分布圖、資

料表與時間序列圖等。

EPANET2 的工作介面包含一個選單列 (Menu Bar)、兩個工具列 (Toolbar)、一個狀態列 (Status Bar)、一個管網圖視窗 (Network Map window)、一個瀏覽器視窗 (Browser window) (包含資料 (data) 和管網圖 (map))，與一個項目編輯視窗 (Property Editor window)。電腦螢幕畫面與工作介面對應說明如圖 2 所示。



圖 2 EPANET 工作介面說明圖

### (一)供水管網水理分析之意義如下：

1. 管網水理分析為模擬系統架構產生的模型，並於該模型設定條件，利用數學公式計算得到分析結果。
2. 管網水理分析模型是用數學的值來模擬真實的系統，可用以評估既有或待規劃的系統。
3. 管網水理分析可在維持既有管網供水條件下，預測系統於不同設定條件下的反應。
4. 使用管網水理分析，系統的問題可預作準備，並在實際改善前尋求因應之道。

### (二)重要分析參數說明：

1. 摩擦水頭損失係數：  
計算管流之水頭損失一般採用 Hazen-Williams 氏公式計算：



$$V=0.8494 C R^{0.63} S^{0.54}$$

V：流速，單位 m/sec

R：水力半徑，單位 m

S：水力坡降之斜率，即單位長度水頭損失。

C：管壁粗糙係數，簡稱 C 值。

Hazen-Williams 流速公式以  $S=H/L$ ， $R=D/4$  代入並移項整理後即得水頭損失公式如下：

$$H=10.666 (Q^{1.85} L) / (C^{1.85} D^{4.87})$$

H：管線水頭損失，單位為 m

Q：管線流量，單位為 CMS

L：管線長度，單位為 m

D：管徑，單位為 m

C：Hazen-Williams 流速係數值

2.節點高程：可參考臺北市地形圖中「獨立標高點」高程資料，或查閱竣工圖中相關參考點資料。

3.節點需水量：已開發完成區域，按表栓實際分布情形，將實際每日平均需水量（可參考小區售水率初評資料），分配至所銜接之管段上。

4.壓力模擬：將進水點實測水壓設定於模型中，執行模型系統分析，將模型中節點模擬值與實測值進行比對，尋找模型或實際系統之問題。

### 三、案例分析

1.本案以本處西區營業分處 W09016 小區(環河西路、保生路、仁愛路、中山路 1 段 352 巷所圍區域，詳圖 3) 為案例進行分析，分析軟體選用 EPANET，本區初始售水率抄見之用戶每日平均用水量約 1,870CMD，考慮保守起見以平均用水量之 1.2 倍 2,244CMD 作為總需水量，並依用戶用水量大小平均分布於各節點。本案小區

進水點為新北市永和區仁愛路與中山路 1 段 352 巷口，進水壓力經現場量測為  $1.4\text{kg/cm}^2$ ，並考慮現場高程設定節點高程（本案位於都會區內，高程差小於 2 公尺）。



圖 3 W09016 小區位置圖

2.本小區內中山路 1 段 352 巷，於名利橋北側遇大排水箱涵，箱涵頂部距離地面僅 20 公分左右，新設 200 配水管無法穿越箱涵頂部，故現場施工時以 3 支 50mm 不銹鋼給水管取代，從箱涵頂部聯絡兩側配水管線（詳圖 4~圖 6）。

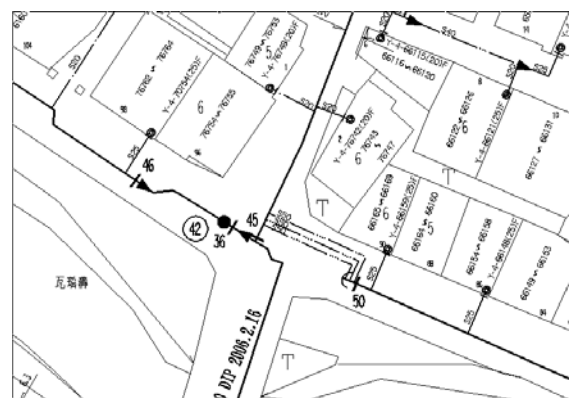


圖 4 新北市永和區中山路 1 段 352 巷管線圖

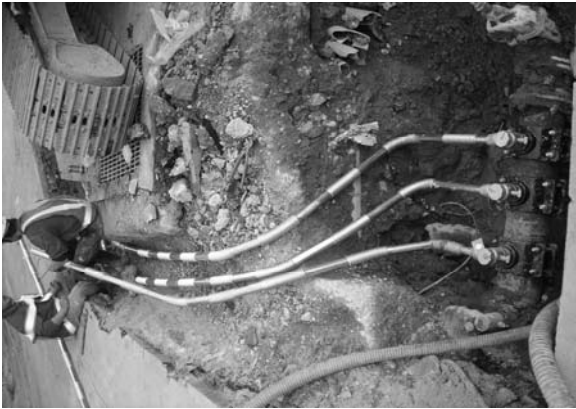


圖 5 新北市永和區中山路 1 段 352 巷施工照片(一)



圖 6 新北市永和區中山路 1 段 352 巷施工照片(二)

3. 首先假設中山路 1 段 352 巷名利橋旁配水管無中斷情形（本段配水管口徑為  $\phi 200\text{mm}$ ），考量小區單一進水點狀況，經水理分析後管線末端壓力為  $1.05\sim 1.06\text{kg/cm}^2$ 。（圖 7）

4. 其次模擬中山路 1 段 352 巷名利橋旁配水管中斷後，考量小區單一進水點狀況，經水理分析後管線末端壓力降為  $0.66\sim 0.8\text{kg/cm}^2$ ，且部份仁愛路管段流速增加。（圖 8）

5. 接續模擬中山路 1 段 352 巷名利橋旁配水管中斷後，以單支  $\phi 50\text{mm}$  不鏽鋼波狀管（考量波狀段較粗糙，管壁粗糙係數設為 80，佔原管斷面積 6.25%）連接兩側配水管，並考量小區單一進水點狀況，經水理

分析後管線末端壓力提升為  $0.86\sim 0.93\text{kg/cm}^2$ ，且部份仁愛路管段流速較圖 8 略微降低，惟波狀管段流速高達  $4.92\text{m/s}$ ，已超出正常管線流速範圍。（圖 9）

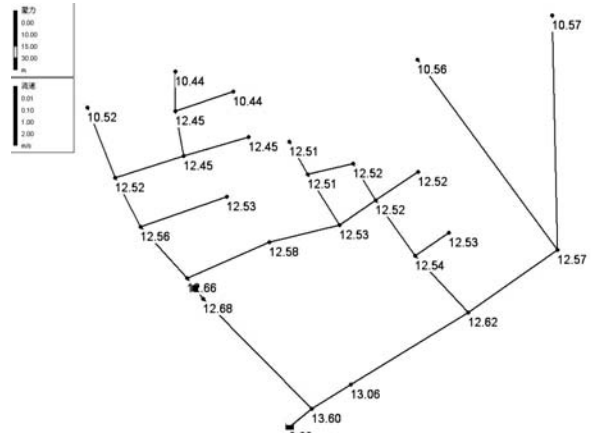


圖 7 模擬配水管無中斷之水壓及流速分布圖

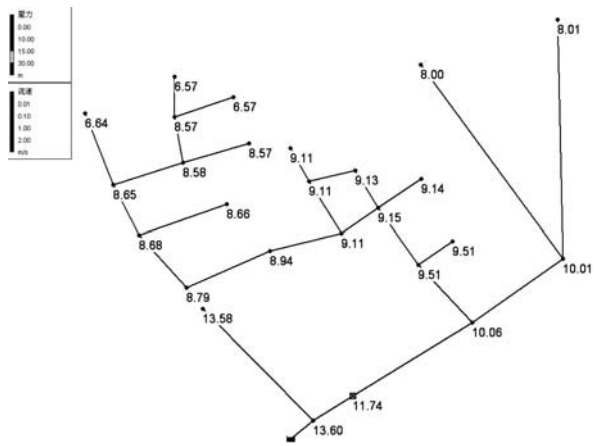


圖 8 模擬配水管中斷後之水壓及流速分布圖

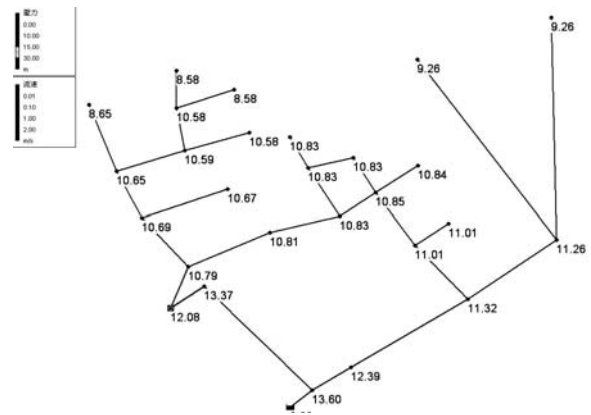


圖 9 模擬 1- $\phi 50\text{mm}$ SSP 連接之水壓及流速分布圖

6. 接續模擬中山路 1 段 352 巷名利橋旁配水管中斷後，以 2 支  $\phi 50\text{mm}$  (原管斷面積 12.5%) 不鏽鋼波狀管連接兩側配水管，考量小區單一進水點狀況，經水理分析後管線末端壓力提升為  $0.94\sim 0.98\text{kg/cm}^2$ ，且部份仁愛路管段流速較圖 9 略微降低，惟波狀管段流速降至  $3.77\text{m/s}$ 。(圖 10)

7. 接續模擬中山路 1 段 352 巷名利橋旁配水管中斷後，以 3 支  $\phi 50\text{mm}$  不鏽鋼波狀管 (原管斷面積 18.75%)，考量小區單一進水點狀況 (即施工後小區封閉現況)，經水理分析後管線末端壓力提升為  $0.98\sim 1.1\text{kg/cm}^2$ ，且仁愛路管段流速降至  $0.93\text{m/s}$ ，波狀管段流速降至  $3.0\text{m/s}$ 。(圖 11)

8. 最後模擬中山路 1 段 352 巷名利橋旁配水管中斷後，以 3 支  $\phi 50\text{mm}$  不鏽鋼波狀管，考量小區 2 處進水點狀況 (增設保生路進水點，即施工後小區開啟狀況)，經水理分析後管線末端壓力提升為  $1.09\sim 1.18\text{kg/cm}^2$ ，波狀管段流速降至  $1.99\text{m/s}$ 。(圖 12) 另實際量測現況 (目前小區封閉已解除) 水壓與水理分析模型一致。

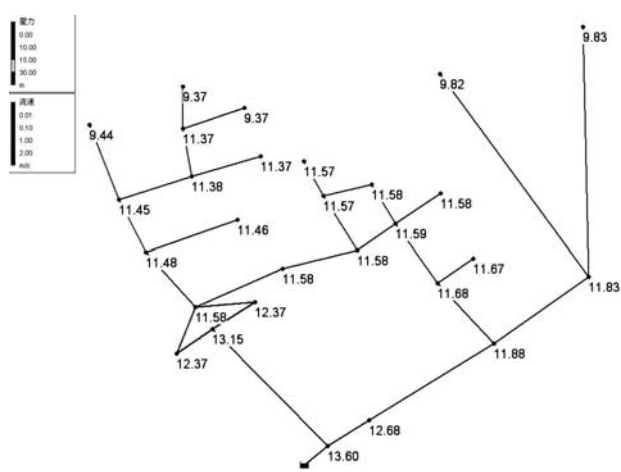


圖 10 模擬 2- $\phi 50\text{mm}$  SSP 連接之水壓及流速分布圖

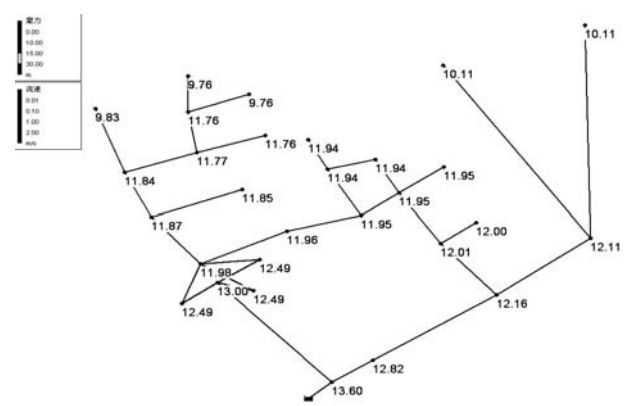


圖 11 模擬 3- $\phi 50\text{mm}$  SSP 連接之水壓及流速分布圖

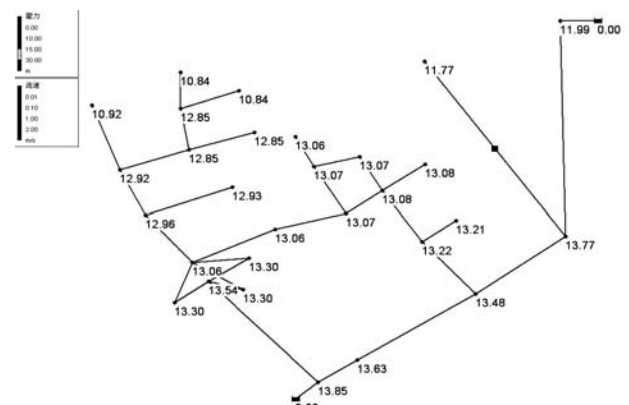


圖 12 模擬 3- $\phi 50\text{mm}$  SSP (2 處進水點) 連接之水壓及流速分布圖

9. 經彙整以上模擬結果整理如表 2 所示。

表 2 EPANET 模擬結果比較表

模擬情況	給水管占原配水管斷面積(%)	管網末端最低壓力 ( $\text{kg/cm}^2$ )	壓力損失比率 (%)	備註
配水管未中斷	100.00%	1.05	0.00%	
配水管中斷	0.00%	0.66	37.14%	
單一進水點				
1- $\phi 50\text{mm}$ SSP 連接	6.25%	0.86	18.10%	
2- $\phi 50\text{mm}$ SSP 連接	12.50%	0.94	10.48%	
3- $\phi 50\text{mm}$ SSP 連接	18.75%	0.98	6.67%	
雙進水點				
3- $\phi 50\text{mm}$ SSP 連接	18.75%	1.09	-3.81%	壓力提昇

#### 四、分析結果評估

依本文模擬結果，小區封閉單一進水點之狀態，如以數支給水管取代配水管，將導致小區管網末端壓力下降，故如管障上、下方淨空足夠可穿越者，建議仍以配水管（縮小配水管口徑或以大口徑波狀管替代），勿逕以給水管取代配水管功能。

小區封閉單一進水點之狀態，如遇管障配水管中斷無法連通時，以數支給水管取代配水管進行聯通，較配水管中斷無連通時，對小區管網末端壓力有提升作用，亦可降低管網內配水管流速，惟連接之給水管建議至少 3 支  $\phi 50\text{mm}$  以上（佔原管斷面積 18.75%），以免給水管段流速過高造成水頭損失過大，影響管網末端壓力。

當小區解除單一進水點狀態，配水管中斷無法連通時，如以數支給水管取代配水管仍對管網末端壓力有穩定及提升作用。

以本處每年完成 30 個小區，每區 1 處遇管障未適當處理造成用戶水壓降低案件，假設每區造成 10 處 20T 水池需採無水便利盒從消防栓灌水，將造成本處 NRW 損失 6000T，另以每區無水處理耗費 2 人日計算，共計耗費 60 人日，如以每噸水 7.5 元，每一人日 3000 元計算，可減少 225,000 元損失，另有減少民怨及監工陳情壓力，提升自來水事業形象等正面效益。

#### 五、結論與建議

小區漏水率改善最大之瓶頸，為施工遇管障無法抽換既有管線而須留用舊有配水管，在現行管線障礙遷移困難，以及避免破壞管障引發後續問題之前提下，使用數支給水管取代配水管於實務上經常可能發生。

本案以 EPANET 水理分析模式簡易可行，其分析所得結果，於小區封閉單一進水點進行售水率評估時，利用數支給水管取代配水管，可能導致小區管網末端水壓降低，故採上述方案時，建議先進行水理分析評估對小區管網末端壓力之影響，再決定採用適當之給水管口徑及支數，以免因管網末端壓力降低，招致用戶抱怨。

#### 參考文獻

1. 臺北自來水事業處，「臺北自來水管網改善計畫」，2003。
2. 臺北自來水事業處，「供水管網改善及管理計畫—長程策略方針」，2006。
3. 郭志東、林哲生、李中彥，「小區售水率提昇之瓶頸與突破」，自來水會刊第28卷第3期，2009。
4. 袁覺仁，「配水管網破管與供水穩定性關係之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，2002。
5. 陳柏仰，「臺北自來水事業處96年度教育訓練—繪圖軟體操作班(EPANET)第1期講義」，2007。
6. 李中彥、林永芳、時佳麟，「山坡地社區NRW 過高時之標準化改善作業—以新北市潭之鄉社區為例」，自來水會刊第32卷第1期，2013。
7. 李中彥，「臺北舊城區之自來水漏水改善策略」，自來水會刊第32卷第4期，2013。

#### 作者簡介

##### 李中彥先生

現職：臺北自來水事業處供水科幫二級工程師

專長：自來水工程設計、施工及契約法規

##### 陳晟彬先生

現職：臺北自來水事業處技術科三級工程師

專長：自來水工程設計、施工

# 傳統淨水程序生物可分解有機碳去除探討

文/薛志宏、張玉玲、張美鳳

## 摘要

傳統淨水程序單元水樣，以 Servias BDOC 決定方法，於培養過程測定 DOC 及 ATP，發現新店溪水源原水水質，混凝沉澱為去除水中 BDOC 之主要機制，但去除率會因設備效能及添加混凝劑種類而異；加氯則易將較難分解 BDOC 氧化成較易分解者；快濾可因微生物分解去除 BDOC，但高濁度時會釋出。

關鍵詞：傳統淨水程序(Conventional Water Purification Processes)、生物可分解有機碳 (Biodegradable Organic Carbon, BDOC)、腺核苷三磷酸(Adenosine Triphosphate, ATP)

## 一、前言

經淨水場處理後之清水，若含有高濃度之微生物營養源，遇管網操作發生滯留(水齡過高)現象，易加速於管壁產生生物膜，使水質劣化，發生微生物再生(Regrowth)現象，造成消毒劑量消耗、大腸桿菌群滋生及水色水臭等問題，在淨水處理觀念上，為降低管網清水消毒副產物的產生，會以去除其前驅物的觀點來看待有機碳的去除，而傳統淨水處理一般以去除水中固體物，降低濁度及消毒為目標，但對微生物再生營養源之去除，是否具相同效果則未知，本研究探討現有傳統淨水程序各淨水處理單元，在平常低濁度及暴雨高濁度原水狀況下，對生物可分解有機碳 BDOC 的去除效率，及淨水場出水在不同原水濁度狀況下對管網供水生物穩定性之貢獻度。

## 二、文獻探討

微生物再生現象導因於水中細菌利用水中生物可分解營養源的作用，故評估再生現象的方法參數，分為水中微生物可利用營養源及現存生物量(Biomass)測定兩大類，前者以測定水中溶解性有機碳(DOC)營養源為主，主要參數有生物可同化性有機碳(Assimilable Organic Carbon, AOC)及生物可分解有機碳(Biodegradable Organic Carbon, BDOC)；後者為測定水中生物量(Biomass)，使用方法有異營菌板計數法(HPC)、總直接計數法(Total Direct Count)、腺核苷三磷酸(ATP)，其它尚有使用分子生物聚合酶鏈反應法(PCR)等。

生物可分解有機碳 BDOC 為水中溶解性有機碳 DOC 中可為細菌於數天至數月代謝的部份，生物可同化性有機碳 AOC 則是指 BDOC 中可轉化為新細胞物質的部份，測定水中 AOC 及 BDOC 需透過特殊菌種 P17 及 NOX 培養 28 天，測定消耗的溶解性有機碳來決定，均需相當的微生物分析技術並耗費時日，所得的結果又可能發生誤判。Huck(1990 年)研究各種生物穩定性評估方法，發現各種量測參數均只適用特定狀況，無法以一單一最佳量測技術作為例行評估之工具。美國環保署彙整相關研究文獻資料(2007 年)指出，飲用水中總有機碳包括氨基酸、腐植酸、黃酸、聚合醣類、蛋白質及羧酸等有機化合物，可分為生物可分解溶解性有機碳(BDOC)及生物不可分解溶解性有機碳(Refractory DOC, RDOC)兩大類。AOC 屬

BDOC 之一小部份，氨基酸比其他 BDOC 單位物質生物產量(Biomass)高。相較於 AOC，非 AOC 部份 BDOC 由較複雜及具高分子量之化合物組成。大部份有機碳為植物死亡及衰減自然形成，故大部份存在地面水中，受季節、水源保護狀況等影響而變化。

Servias 等人(1989 年)研究以原水中本土菌種(Autochthonous)進行植種，於 20°C 培養 28 天，分別於第 1 天及第 28 天量測 DOC 值，DOC 之差值即為 BDOC 量，實驗發現此具方法簡單、線性及精密度佳等優點，最低偵測濃度可達 0.2 mg/L，可適用於污染較低之原水、淨水單元水及管網清水 BDOC 檢測用。

ATP 可直接測定水中總活菌，測定 1 水樣僅約需 5 分鐘，具有快速、靈敏及直接反應之功能，Wadhawan 等人(2011 年)培養淨水程序各單元水樣，使用 ATP 測定法取代 AOC 及 BDOC，發現確實可用作為水廠監測微生物再生之用。

以 Servias 之簡易 BDOC 檢測方法結合 ATP 檢測淨水程序各單元水樣，可瞭解 BDOC 培養過程 DOC 及活菌量的演變，而對各處理單元對出水生物穩定性之貢獻有所瞭解。

淨水程序去除總有機碳以降低消毒副產物生成之研究極多，但降低消毒副產物前驅物不見得等同於降低微生物再生營養源，美國 EPA 綜合相關研究(2007 年)發現，傳統淨水程序之混凝作用可去除 BDOC，去除率會隨最適混凝操作及混凝劑之選擇而增加，Camper(2000 年)研究指出，混凝可去除部份醛類、羧酸及氨基酸；高分子量之腐植物質極易去除，較小的糖及醣類則不易去

除，故 BDOC 易因混凝去除的部份為高分子量、腐植物質或與腐植物質鍵結之生物可分解化合物。加強混凝去除 RDOC 之效果大於 BDOC，BDOC 的去除與 RDOC 與 BDOC 的比例、BDOC 的分子量及鍵結腐植物質的百分比有關。而過濾經前處理的原水去除 AOC 則可能經由兩機制，為水穿透過濾介質之生物消耗作用，或以膜濾分離營養物質。以細砂及無煙煤為濾料之濾床可降低鍵結營養源，但溶解營養源則否。氧化劑(氯或臭氧)可打斷大分子量之 RDOC 成微生物可水解的小分子量化合物，使 BDOC 及 AOC 增加。LeChevallier 等人(1992 年)研究發現處理程序前後加氯，均會使 AOC 增加。預氯及後氯處理後的水 AOC 約為預臭氧及後臭氧的 3 分之 2，加氯除會增加 AOC 外，產生的 HAAS 也會為微生物消耗。

Volk(2002 年)對美國 64 個傳統處理淨水場進行出水評估，發現影響 BOM 的因素有濾料種類、混凝劑種類、水源保護的程度等，預氯及使用無煙煤/砂過濾有較差的 DOC 及 BDOC 去除率，且程序中 AOC 增加；預氯及使用 GAC 過濾程序，沉澱水 AOC 增加，但過濾會去除 AOC；傳統砂及 GAC 過濾程序，DOC 及 BDOC 會降低。混凝沉澱主要去除疏水性有機物(Humic substances)及大分子，對親水性化合物效果較小；另淨水處理使用氯會使 AOC 增加。

Nobel(1996 年)以模廠試驗不同處理程序處理高腐植質地下水，利用測定 AOC 及 HGR(Heterotrophic Growth Response)，瞭解處理水的生物穩定性，結果發現傳統混凝、沉澱、無煙煤/砂過濾程序，較傳統 GAC 程序

及薄膜程序可產生生物穩定性較佳的水。

Douglas M.Owen 等人(1995 年)以批次試驗進行不同來源原水 NOM 去除試驗發現，不同原水之 NOM 特性依地理位置及型態(表水及湖泊水)明顯不同，以硫酸鋁混凝可去除腐植質 NOM 及高分子量 NOM；臭氧不會降解 NOM，僅將腐植質 NOM 轉變為非腐植質 NOM，及將高分子量 NOM 轉變為低分子量 NOM。GAC 則剛開始去除腐植質 NOM 及高分子量 NOM；並對非腐植質 NOM 及低分子量 NOM 有些許去除效果。因而建議在設計去除 NOM 淨水流程時，應考量以最適混凝降低隨後 GAC 單元之 NOM 去除負荷；及預臭氧造成後續 GAC 單元成為生物活性碳處理角色之影響，而予以整體設計。

傳統淨水程序對微生物可利用營養源之去除效果，似因不同型態原水中有機碳之組成成份有所不同，各項營養源測定及去除率試驗結果亦隨之而有所不同。本研究以保護良好的水源，不同處理效能傳統淨水場為對象，探討不同濁度原水狀況，各單元的表現及去除效果。

### 三、實驗方法

#### (一)實驗器材

棕色 250 ml 具螺旋瓶蓋鐵弗龍墊片玻璃培養樣品瓶，先以清潔劑清洗後，以純水潤洗 3 次，再以 550°C 鍛燒 2 小時，以去除有機碳。棕色 100ml 具螺旋瓶蓋鐵弗龍墊片玻璃原水植種樣品瓶，先以清潔劑清洗，後以純水潤洗 3 次，於 103~105°C 烘乾 1 小時。植種原水過濾用 2  $\mu$ m 濾紙、水樣過濾滅菌使用 0.2  $\mu$ m 濾紙及 3ml 針筒為拋棄式，不重覆

使用，上述兩種濾膜均先以 300 毫升純水清洗，以去除濾膜釋出之有機碳營養源。

#### (二)樣品採取

分別於平常低原水濁度狀況及暴雨後高原水濁度狀況，以培養樣品瓶分別採取新店溪水源上下游直潭及長興兩淨水場之原水、沉澱水、單一快濾池之過濾水及清水水樣，另以原水植種樣品瓶採取植種用原水水樣。

#### (三)實驗程序

依照 Servais(1989 年)的 BDOC 決定方法，各單元水樣先以 0.2  $\mu$ m 濾膜過濾滅菌，再添加硫代硫酸鈉去除自由餘氯後，以經 2  $\mu$ m 濾紙過濾(以去除大型固體粒子及原生動物於長期培養之干擾)後之原水植種 2 ml，均勻混合後先以 TOC 分析儀測定 DOC(DOC<sub>i</sub>)及以 Biotrace Uni-lite XCEL 冷光計測定細胞內 ATP，置入 20±1°C 恆溫培養箱培養，每 7 天測定 DOC 及細胞內 ATP，第 28 天測定之 DOC 為 DOC<sub>f</sub>，DOC<sub>i</sub>-DOC<sub>f</sub> 即為 BDOC。培養過程每週測定 DOC 及 ATP 可瞭解每一個單元水樣，於培養過程微生物消耗 DOC 的狀況及水樣中細菌的生長狀況。

### 四、結果與討論

為探討淨水場各單元水樣營養源於培養期間之消耗與產生活菌(以 ATP 測定結果表示)之間之相關性，將測定期間溶解性有機碳 DOC 減少量除以培養期間日數，定義為該期間之「每日 DOC 代謝量」；另以測定期間 ATP 增加量除以培養期間日數，定義為該期間之「每日微生物增量」，以該 2 參數作圖，進行分析。

### (一)平常低濁度原水狀況

長興原水最旺盛 DOC 代謝發生於培養前 2 天，次旺盛發生於約第 2 週；產生大量細菌則相對發生於第 1 週，之後因大量繁殖競爭死亡，至約第 2 週達最低點，因分解較難分解營養源，致細菌量回復至培養前水準(第 3 週)；顯示原水中之 DOC 約可分為【較易分解】(培養 2 天即為微生物代謝分解)及【較難分解】(培養 1~2 週始為微生物代謝分解)兩部份，二者 DOC 代謝與細菌生長對應均約有 1 週時間差(圖 1)，沉澱水則只出現較易分解 DOC 代謝波峰且較原水波峰略高(圖 2)，顯示淨水程序因前加氯及使用多元氯化鋁混凝劑之混凝沉澱產生 2 個作用，前者將較難分解大分子 DOC 氧化成較小分子者，後者藉混凝掃除作用將是類化合物去除。過濾水仍出現較易分解 DOC 波峰且較原水及沉澱水波峰明顯為低(圖 3)，顯示即便存在少量的氯，成熟濾床濾料(無煙煤及石英砂)間仍存在微生物作用，可去除較易分解部份之 DOC。清水之 DOC 代謝率極低，惟相對應微生物增率較過濾水些微增加(圖 4)，顯示發生如文獻所述，後氯將仍存在極微量的 BDOC 氧化成 AOC 且立即為微生物所利用，惟由於營養源量很低及存在自由餘氯抑制等因素，可產生之細菌量並不高。直潭原水 DOC 代謝波峰與長興類似，且第 1 週微生物增率較長興原水波峰為低，顯示原水中 DOC 分解轉化於微生物產量較低，水質微生物穩定性較佳(圖 5)，沉澱水顯示較易分解 DOC 代謝率降為原水的約 2/3，顯示混凝沉澱之去除效果佳(圖 6)。直潭過濾水培養前 2

天之 DOC 代謝波峰已不見，但出現較難分解(7 天)之 DOC 代謝小波峰，除顯示混凝沉澱過濾程序已將原水中大部份較易分解 DOC 去除外，因前加氯分解或濾料釋出導致小部份 DOC 出現，但微生物增長不明顯(圖 7)，清水之前 2 天代謝率呈極大負值，顯示後氯氧化先將處理殘存之較難分解化合物分解成較易分解 DOC，並繼續為微生物代謝利用，並造成隨後之 DOC 代謝及立即相對應之細菌增率(圖 8)。

比較此 2 傳統淨水處理淨水場，在原生水生物穩定性方面，位於上游之直潭水源明顯較下游之青潭水源所含的微生物可利用溶解性有機碳為低，生物穩定性較佳；二場混

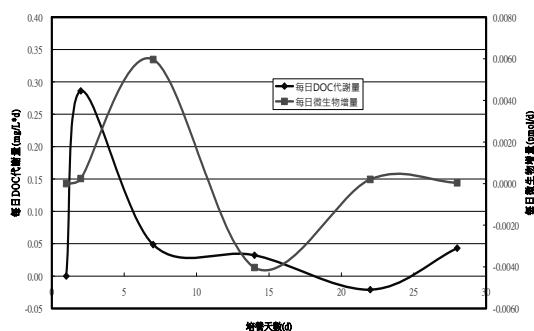


圖 1 長興場原水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

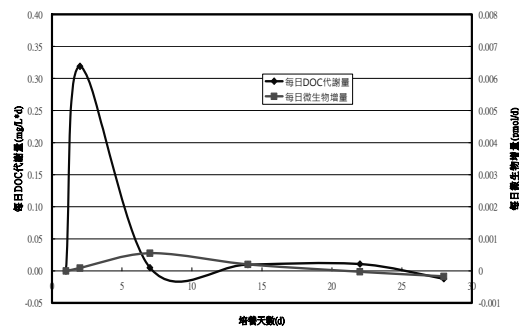


圖 2 長興場沉澱水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

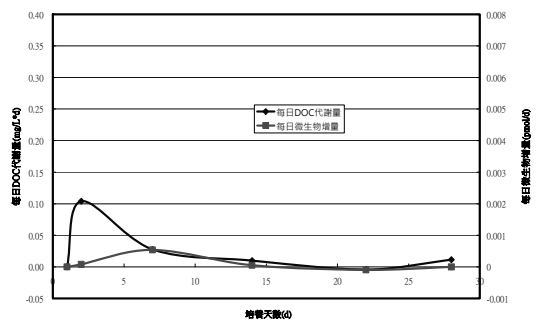


圖 3 長興場過濾水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

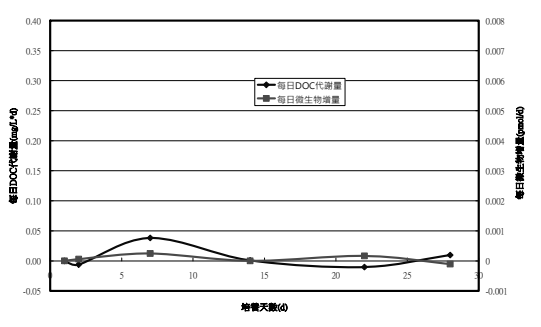


圖 7 直潭場過濾水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

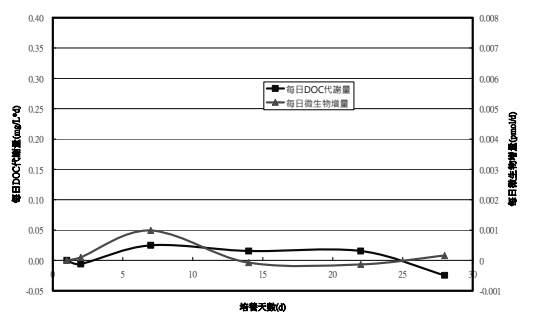


圖 4 長興場清水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

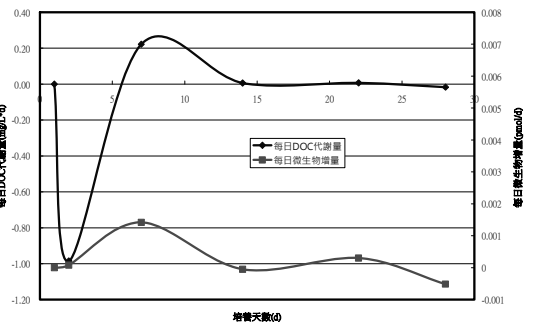


圖 8 直潭場清水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

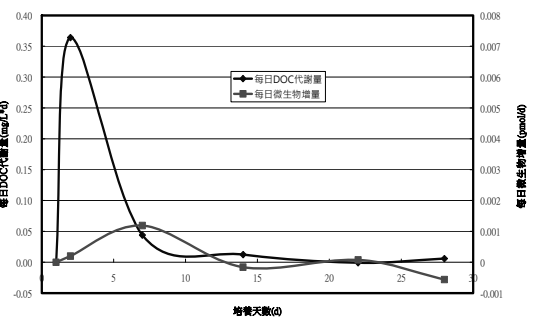


圖 5 直潭場原水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

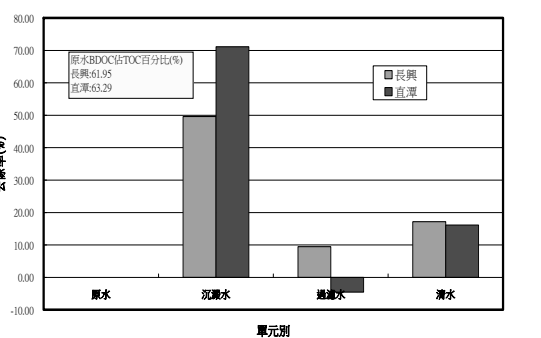


圖 9 淨水場各單元 BDOC 去除率比較(低濁度原水)

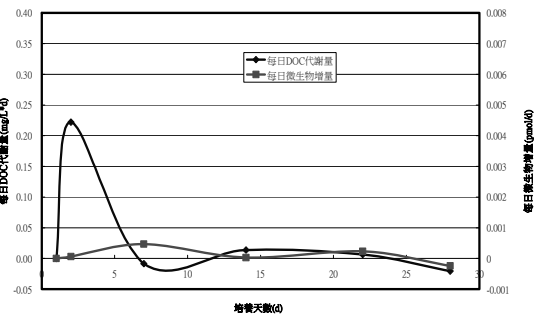


圖 6 直潭場沉澱水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(低濁度原水)

凝沉澱均可去除部份 BDOC，但直潭場混沉效能明顯較佳，另長興場無煙煤及石英砂構成之雙層濾料生物膜作用具去除 BDOC 效果，直潭單層濾料則可能因濾床未臻成熟，致反釋出 BDOC；二場均採前氯，惟長興場較直潭場維持至快氯單元較高自由餘氯 (0.15mg/L；0.03 mg/L)，淨水程序一路氧化，最後補充加氯增加細菌 AOC 營養源之效

果，較直潭場輕微，惟二者因後加氯產生生物穩定性之影響均低。

長興直潭二淨水場原水總有機碳為 1.4 及 1.1mg/L，BDOC 為 0.84 及 0.70 mg/L，占原水 TOC 比率為 61.95%及 63.29%。各淨水單元 BDOC 去除率，混凝沉澱去除率長興場 49.6%；直潭場 71.1%，除原水特性略有不同外，沉澱設備效能直潭場優於長興場(直潭場沉澱池滯留時間 120 分；長興場 85 分，長興深度 3m,設備表面負荷率 SOR=2.11m/h；直潭場深度 4.5m, 設備表面負荷率 SOR=2.69m/h)亦為主因，快濾單元去除率長興 9.5%、直潭 4.6%，清水(後氯)去除率長興 17.1%、16.1%，整體去除率長興 76.2%、直潭 82.7%(圖 9)

## (二)高濁度原水狀況

為瞭解高原水濁度狀況下，淨水處理之表現與平常原水濁度狀況下之差異，採取兩淨水場於高濁度原水(長興 660NTU；直潭 930NTU)狀況下各淨水單元水樣進行實驗，結果如下。

長興原水 DOC 代謝與微生物生長狀況與平常低濁度原水狀況大致相同(圖 10)，均呈現較易分解及較難分解兩部份，顯示暴雨沖刷並不會造成 DOC 之增加及型態之改變；長興沉澱水顯示較易分解 DOC 波峰已消失，殘存較難分解之小丘(圖 11)，顯示因高濁度原水混凝掃除作用較佳、水中固體粒子較多產生之吸附作用以及高分子助凝劑之鏈結與吸附作用，均有助於較易分解部份 DOC 之去除，但較難分解部份之 DOC 仍存在沉澱水中，可同時造成細菌滋長。長興過濾水之培養結果如圖 12，又出現明顯較易分解 DOC 波峰，此顯示可能原快濾池濾床阻

滯及吸附作用去除之固體粒子表面所吸附之易分解 DOC 有吸附過飽和而釋出之現象，或水中殘留較難分解 DOC 被氯氧化分解為較易分解化合物。在清水方面培養初期 DOC 不減反增，應與氯氧化分解較大分子量 DOC 成較易分解可直接利用者有關(圖 13)。直潭原水之 DOC 型態與平常原水濁度不同，呈現一較寬波峰(圖 14)，顯示存在一分子量範圍較廣之 DOC，存在較平常原水高的較難分解 DOC 部份，微生物增量極高，而沉澱水(圖 15)同長興場，因高濁度混凝掃除作用較佳、水中固體粒子較多產生之吸附作用及高分子助凝劑之鏈結與吸附作用，去除大部份較易分解 DOC，但因加氯氧化將較部份難分解 DOC 氧化成較易分解 DOC，故 DOC 反增，至過濾水同長興場一樣，有較易分解 DOC 釋出之現象(圖 16)，清水同長興場一樣，出現培養初期 DOC 不減反增現象(圖 17)。

兩場各單元 BDOC 演變如圖 18，同前所述，兩場均有極佳之混凝沉澱 BDOC 去除率，約在 50%~95%之譜，直潭場又優於長興場，但快濾單元去除率均不佳，長興有些許去除率，直潭場則甚而大量增加 BDOC，清水加氯則有極佳去除率。

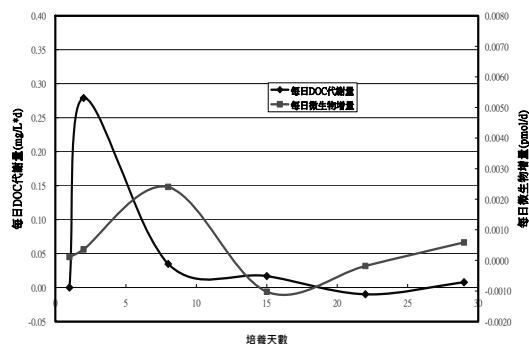


圖 10 長興場原水 DOC 代謝與微生物變化趨勢 (高濁度原水)

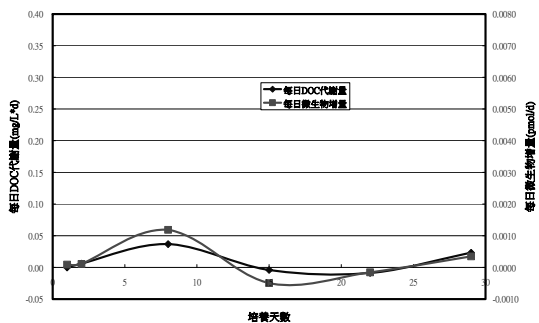


圖 11 長興場沉澱水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(高濁度原水)

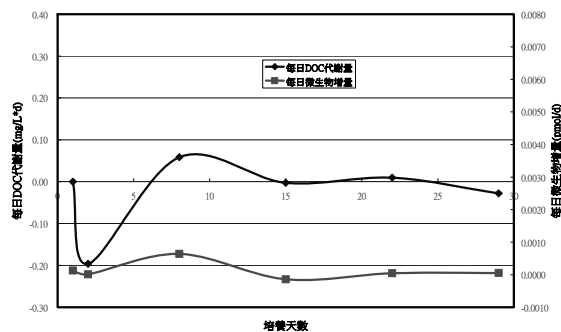


圖 15 直潭場沉澱水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(高濁度原水)

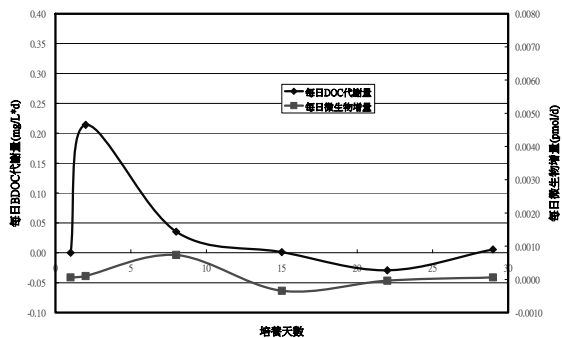


圖 12 長興場過濾水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(高濁度原水)

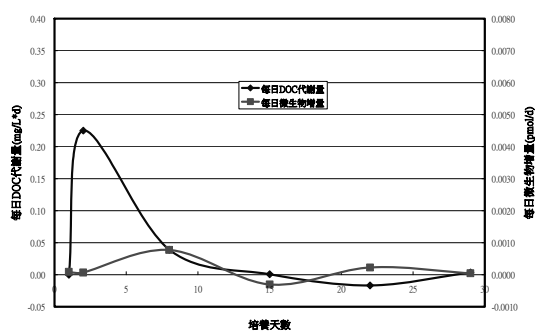


圖 16 直潭場過濾水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(高濁度原水)

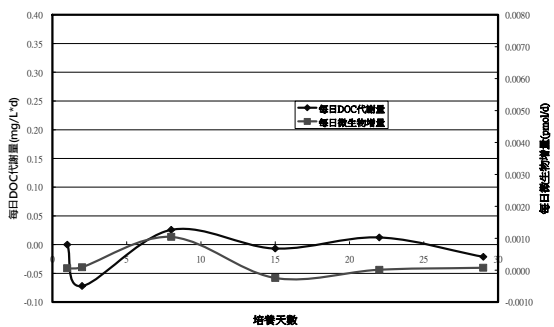


圖 13 長興場清水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(高濁度原水)

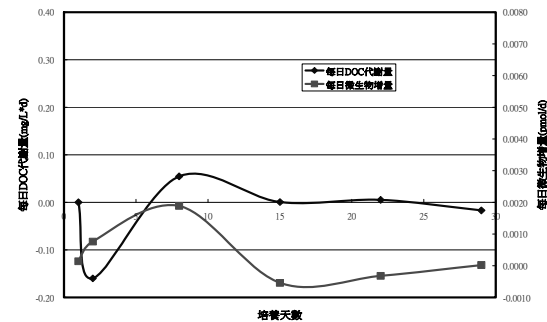


圖 17 直潭場清水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(高濁度原水)

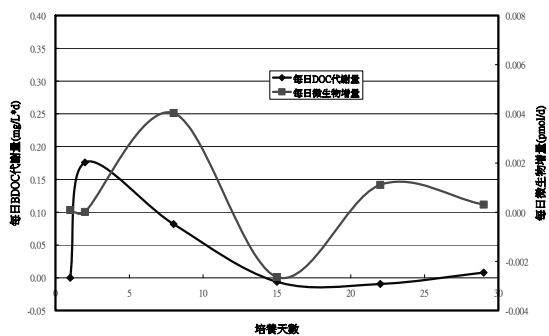


圖 14 直潭場原水 DOC 代謝與微生物變化趨勢(高濁度原水)

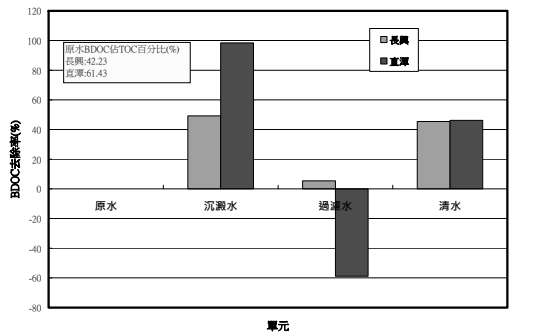


圖 18 淨水場各單元 BDOC 去除率比較(高濁度原水)

### (三)整體評估

整體而言，高濁度原水時期淨水處理與平常原水濁度狀況比較，高濁度原水 BDOC 因暴雨大量雨水逕流稀釋而略降(平時長興 0.84 mg/L，直潭 0.70 mg/L；高濁度長興 0.59 mg/L，直潭 0.61 mg/L)，但上游直潭場之分子量分佈較廣，混凝沉澱單元配合高分子助凝劑之添加，兩場均仍有極佳的生物可分解有機碳(BDOC)去除率(平時長興 49.6%，直潭 71.1%，高濁度長興 49.24%，直潭 98.37%)，直潭混凝沉澱效能明顯優於長興，但兩場快濾單元於高濁度時期去除率均不佳，高濁度時對 BDOC 之去除效能明顯較平時降低，直潭場因濾料種類及反洗方式影響，甚至會大量釋出 BDOC，至清水則再因加氯氧化作用再提升去除率。高濁度期出水水質水中 BDOC 濃度兩場均為 ND，與平時之 0.1~0.2mg/L 相較更佳，生物穩定性仍維持極佳狀態。

### 五、結論與建議

- 1.採取前加氯、混凝、沉澱、快濾及後加氯等傳統淨水程序之淨水場在淨化水質之過程中，除具有去除原水中顆粒性及溶解性固體物質之功能外，亦具有下列機制:前加氯氧化作用，有將水中細菌較難分解溶解性有機碳分解成較易分解者；混凝掃除及沉澱作用則可將大部份較易分解溶解性有機碳去除；快濾池成熟雙層濾料間微生物作用，可去除殘餘較易分解溶解性有機碳，但高濁度處理時會因吸附過飽和造成溶解性有機碳釋出；後氯則將仍存在水中少量的溶解性生物不可分解有機碳氧化成生物較難分解有機碳。
- 2.北水處現有新店溪水系淨水場，原水中天然有機物(NOM)含量，長興及直潭生物可分解溶解性有機碳(BDOC)於低濁度及高濁度水狀況分別為 0.84、0.59 及 0.70、0.61 mg/L，占原水 TOC 比率為 61.95%、42.23% 及 63.29%、61.43%，較文獻中(Joret et al,1991)9-30%為高，此可能為地面水之特性，透過淨水程序可分別去除 76.2%、100% 及 82.7%、85.86% BDOC，清水中生物可分解溶解性有機碳僅 0.20 mg/L、ND 及 0.12 mg/L、0.09 mg/L，依 Servaise 等人(1992 年)及 Dukan(1996 年)等人提出之判斷標準(BDOC 低於 0.2 mg/L)為高度生物穩定性的水。
- 3.以北水處新店溪水源目前之原水水質狀況而言，傳統淨水程序中混凝沉澱為主要的 BDOC 去除單元，但不同淨水場會因混凝沉澱效能之不同，產生去除率上之差異，宜透過管理評估或設備改善，如降低處理時實際表面負荷率或增加有效深度予以提昇，另亦應權衡前加氯及後加氯量之分配，以儘量減少後氯於清水中因氧化產生 AOC。混凝沉澱可兼收濁度及 BDOC 去除之效，應持續提升該單元之效能。
- 4.高濁度原水狀況 BDOC 於各淨水處理單元之消長狀況與平常低濁度狀況略有不同，但混凝沉澱仍為主要且有效之 BDOC 去除機制，相較於低濁度狀況，高濁度原水處理時，因高分子助凝劑之使用，混凝沉澱 BDOC 之去除率較平時為高，快濾有明顯釋出 BDOC 之現象，且單一濾料較雙層濾料明顯。高濁度原水狀況出水如同低濁度狀況一樣，BDOC 均在 0.2mg/L 以下，水質

生物穩定性佳，並不會對管網生物膜之生成有加成貢獻。

### 參考文獻

- 1.Huck peter M.Measurement of biodegradable organic matter and bacterial growth potential in drinking water.J.AWWA,p.78-86,July.1990.
2. Momba MNB,R Kfir, SN Venter and TE Cloete An overview of Biofilm formation in distribution systems and its impact on the deterioration of water quality.ISSN 0378-4738=Water SA Vol.26 No.1 JAN.2000.
- 3.Volk Christian J.and Mark W. LeChevallier. Assessing biodegradable organic matter. J.AWWA,92:5:64,May 2000.
- 4.Effect of treatment on nutrient availability , office of water , Total coliform rule issue paper , USEPA , 2007
- 5.Servias Pierre,Adriana anzil and Claire Ventresque,Simple method for determination of biodegradable dissolved organic carbon in water,J.Applied and environment microbiology p.2732-2734,Oct.1989.
- 6.Wadhawan Tanush ET AL.A ATP based method to determine bacterial regrowth potential in drinking water.IWA Specialty conference on natural organic matter,Costa Mesa,CA,USA,July,2011.
- 7.Volk Christian J. and Mark W. Lechevallier,Effects of conventional treatment on AOC and BDOC level, J. AWWA 94:6,June 2002.
- 8.Noble,Peter A. et al , Biological stability of groundwater , J.AWWA 88 :5 (May 1996)
9. Owen,Douglas M.et al.,NOM characterization and treatability , J.AWWA 87 :1 (Jan. 1995)
- 10.Jacangelo,Joseph G. et al. , Selected processes for removing NOM:an overview , J.AWWA 87 :1

(Jan. 1995)

### 作者簡介

#### 薛志宏先生

現職：台北自來水事業處水質科科長

專長：水質管理、淨水處理、水質檢驗

#### 張玉玲小姐

現職：台北自來水事業處水質科二級工程司

專長：水質管理、水質檢驗

#### 張美鳳小姐

現職：台北自來水事業處水質科三級工程司

專長：水質管理、水質檢驗

# 自來水事業資產活化管理之研究 —以臺北自來水事業處為例

文/陳惠鈴

## 摘要

土地為國家之根本，是生產重要元素，不僅為國家之財富，更屬重要資源；公有土地之運用彈性足以影響國家建設與政策之推動成效，並兼具財政及配合各項政策執行之功能。

臺北市有土地分由不同的部門管理，如何整合運用土地資源，配合臺北市整體建設、經濟發展需求，兼顧資源永續發展，建構有效土地管理機制，以提升土地效能，活化資產利用效率，尤具急迫性與必要性。

自來水事業資產管理的目的，主要應考量事業的永續經營與發展，確保自來水供應的穩定與安全，滿足經濟社會發展所需，其主要理念不在於營利，而是善用民間資源活力，引進企業化經營理念，借重專業人力及物力，來擴大公共服務範圍、提升服務品質。

關鍵詞：永續發展、土地效能、活化資產

## 一、前言

土地是國家之根本元素之一，亦為產業生產要素，不僅為國家之財富，更屬社會重要資源。國家土地管理運用制度方式足以影響市場土地供需、建設與政策推動效率，並兼具財政及配合各項政策執行之功能。

行政院經濟建設委員會於 98 年召開「國土空間發展策略規劃」全國會議中指出，有關國土發展將以構築世代公平的永續發展為核心價值，以「安全自然生態島」、「優質

健康生活島」、「知識經濟運籌島」及「節能減碳省水島」為發展新願景，並提出十大改造方向，希望藉由土地改造及管理等方式，以達到彈性、快速反應各類產業或公共建設需求之目的。

臺北市土地面積 271.8 平方公里，依臺北市政府財政局 101 年 12 月統計資料顯示，臺北市有土地筆數 81,677 筆，面積 54.8 平方公里，約 2 成左右屬廣義的公有土地(包括公用及非公用土地)，分隸 34 個不同機關管理。臺北市政府考量財務狀況出售公有土地挹注財政，公有土地權屬機關或機構亦將所屬之土地視為重要的財政資源(出租或出售)，從而引發各界干擾土地市場之質疑；因此哪些土地可以出售、出租，哪些土地應該保留？應建立公有土地管理處分之積極性原則。

在土地資源有限的臺北市，如何整合運用分散於不同機關之公有土地資源，配合臺北市政府整體建設、經濟發展需求，兼顧資源永續發展，建構一套有效整合機制，尤其具急迫性與必要性。

## 二、研究範圍與內容

一般而言，公有土地在公共行政中所扮演的角色有三：解決財政困境、儲備使用、有計畫利用增進財源。過去，政府都以充裕庫收、平衡預算為手段處分公有土地，並未妥善規劃利用公有土地，加以管理效率不彰，造成公有土地迭遭違規占用。

由於公有土地隸屬中華民國及各縣市所有，在管理層級上互相獨立，但又可透過撥用手續相互流用，管理方式複雜並使公有土地之處分利用缺乏效率。

本研究首先針對公有土地現況、經營管理及處分利用方式蒐集相關文獻與分析，其次參考英國、日本與新加坡等國家土地管理政策，並瞭解國內公有土地各方面所面臨之課題，提出臺北自來水事業處土地管理機制。

### 三、文獻回顧

目前先進國家的土地管理制度，通常不是獨立存在，而是整合在國有土地管理制度內，一些成熟市場經濟國家的中央政府發現，擁有一定數量的公有土地可以有效調控土地市場，維護公共福利。為此新加坡、荷蘭、瑞典等國已經通過各種手段逐漸增加了國有土地的數量，韓國也改革了出售國有土地的政策，轉向擴大國有土地之路，這種擴大國有土地數量規模的作法，其實就是土地管理制度類型之一。

#### (一)先進國家持有土地之類型

在加拿大，聯邦公有土地佔全國土地的 40%，約 4 億公頃，其中 97% 是北緯 60 度以北包括北極圈內的土地，氣候惡劣，人煙稀少；3% 土地零散分佈在各省，主要是國家公園、野生動物保護區、軍事用地和印第安保留地；聯邦公有土地一般都是港口、機場和聯邦辦公機構及其他重要設施用地。美國的聯邦政府土地也主要分佈在人煙稀少的西部，大部分為國家公園、森林、草原等類型。

澳大利亞的情況與之類似，澳大利亞各

類國有土地所佔比例，空地和自然保護區佔了國有土地總面積的 80% 以上。

日本則依公有土地的用途，分為行政財產及普通財產兩類，普通國有土地為國家財政收入來源之一，可以租賃、出售、信託，是除行政性國有土地之外的其他土地，適用於私法。

#### (二)先進國家公有土地管理方式

公有土地經營管理方式主要有二：一是直接管理，土地所有權與經營權合一；其次是委託管理，土地所有權與經營權相分離。委託管理分為土地信託與土地證券等方式，土地信託是受託人接受土地產權人或上一級產權代理人的委託，代為進行國有土地的經營管理，近些年來被廣泛應用公有土地管理。

加拿大和美國都採直接管理，國有土地所有權、處置權和管理權合一的管理體制，聯邦政府負責管理聯邦公有土地，州政府負責管理州公有土地；日本則規定受委託管理的行政財產，所有權機關對於該行政財產的管理權限並非全部喪失，仍具有監督權限與責任；韓國則規訂國有土地由所管轄的管理廳土地管理官和分任管理官直接管理，如有必要，可以委託其他管理廳或地方政府進行管理，亦可委託政府以外的部門進行管理，委託管理期限最長為 5 年；澳洲的國有土地經營則是由公有土地公司負責，無論何種國有土地管理方式，保證國有土地資產收益的最大化與不損害社會利益係其基本原則；瑞典自 1904 年開始推行土地公共所有的政策，規定土地一旦被收購便永久成為公共所有土地，再不能出讓給私人所有，1964 年斯德哥爾摩市已將 70% 的土地變為公有土

地；新加坡從 1966 年開始，為了公共利益，開始嚴格執行土地徵收法，公共土地比例從 1960 年的 44% 增加到目前的 80% 以上，此一政策降低了住宅提供成本，也增強了國家對都市開發的控制權；英國自 1979 年大力推行住房私有化，住房所在的土地相應由公有變為私有，公有土地比例隨之呈下降趨勢。

包括美國、俄羅斯、加拿大、澳大利亞等在內的絕大部分國家，國有土地的主體都是林地、道路、河川、沼澤、港灣、自然保護區、國家公園等環境敏感地。從土地自然條件看，雖然經濟利用價值較低，但具有非常重要的軍事、政治、生態功能，這些資源如果由國家管理或許能更好維護社會共同利益。相反，許多成熟市場經濟國家貫徹政府不應與民爭利的原則，具有較高經濟價值的城市土地多由私人占有，由市場決定土地資源配置，以實現其高效利用。

### (三)先進國家公有土地管理特點

公有土地管理特點有三：一是 90% 以上的國家都會在中央設立專門負責國有土地管理的機構；二是橫向管理普遍採取 1+N 模式，不僅有一個主導的國有土地管理機構，還有多個相關的法定管理機構；三是縱向管理體制多為垂直模式。90% 以上的成熟市場經濟國家都會在中央設立專門負責國有土地管理的機構，這一機構以財政部門和土地管理部門為主，有單獨設立國有土地管理機構的情況，亦有委託國有土地所在州的州級土地管理部門進行管理的案例。

對於行政性公有土地，有由所使用機構自行管理的情況，也有由國家統一管理的情況。對於普通國有土地，類型不同，管理主體也不同。在很多市場經濟國家，通常採取

1+N 的管理模式，即不僅有一個主導的國有土地管理機構，還有多個相關的法定管理機構。其優點在於對國有土地進行資產、資源、產業和生態管理更具妥適性，實現國有土地資源的綜合立體利用與管理，充分發揮國有土地的綜合效益。惟此一模式相對地存在不利於協調、難以綜合規劃等問題。

以美國為例，美國內政部是最主要的國有土地管理機構，此外負責國有土地管理的還有美國農業部、國防部城市規劃委員會、田納西流域管理局等；新加坡土地管理局為全國最大的公有土地管理者和持有者，負責監督其他國有土地管理與執法部門的活動，如新加坡市區重建局(URA)、房屋開發理事會(HDB)、裕廊工業集團(JTC Corporation)，以保證土地出讓的招投標程式公開透明；日本財務省是最主要的國有土地管理機構，但根據日本法律規定，農林水產省、國土交通省和法務省也具有相應國有土地管理職能。

在管理體制方面，基於土地所有權的不同，當前管理體制主要有兩種類型：一種是國有與非國有土地採取同一管理體制，如新加坡；另一種是國有與非國有土地分別採取兩套各不相同的管理體制。由於國有土地和私有土地的國家管理目標和產權管理重點皆存在較大差異，所以很多發達國家是分別進行管理，如美國、瑞典、法國、加拿大、澳大利亞等。

### (四)先進國家國有土地管理模式

國有土地的縱向管理體制主要有兩種模式：一是垂直管理，二是分級代理。從目前情況來看，以前者居多，如美國、法國。在分級代理模式中，澳大利亞是聯邦政府委

託州級土地部門代理；日本和韓國實行的是二級委託，即負責管理國有土地的中央部門委任地方政府進行管理。日本規定國家亦得依法令規定，將國有財產有關事務的一部分，委託由都道府縣或市町村處理之。

國有土地的垂直管理形式多以設立派出機構或分支機構為主。如美國聯邦土地管理局在全國各地共設立有 13 個區域性辦公室、58 個地區性辦公室和 143 個資源區辦公室。

國有土地實行垂直管理的原因主要有二：一是其經濟根源，國有土地是國家收入的重要來源。以法國為例，該國的地產管理實行垂直領導，除中央在國家預算部稅務總局設地產管理局外，直屬國家預算部的各省財稅局均設地產管理處，負責國有地產管理、地籍和土地登記工作。二是分級代理存在監管困難的問題，在監管相對軟弱的情況下，由於中央政府手中沒有直接掌握土地資源，因而無法有效地調控土地市場。如果中央政府與地方政府之間沒有達成一種土地收益分配的契約機制，國家土地所有人的權利將無法得到有效保障，而實行垂直管理則可以有效地解決這一問題。

為規範國有土地管理，明確國有土地的取得、使用、保有、保護和處分的具體規定與程式，很多成熟市場經濟國家都制定有相關的法律。此外，在專業法律方面，道路法、河流法、森林法、水資源法、海洋法、礦產法、能源法等都是與國有土地管理相關的法律，在制定與執行的過程中要確保互相之間不能衝突，在綜合法方面，財政法、會計法等也都與國有土地管理密切相關（轉引自行政院經濟建設委員會，2010）。

## (五)各國公有土地處分方式

我國與日本均將國有土地區分為公用（行政財產）與非公用（普通財產），給予不同之規範，兩個國家對公有土地之處分方式原則相似。對於非公用土地，我國之處分方式較日本多樣，新加坡與英國則以標售為主，但新加坡因法定機構上設有市區重建局(URA)及裕廊工業集團(JTC Corporation)，故有直接出售之特殊情形。

臺北市公有土地除配合公共建設之興闢，提供需地機關辦理撥用外，亦透過出租、出售等方式處理，茲分述如下：

- 1.撥用：撥用係基於公地公用原則，透過行政程式，由臺北市政府核定，將臺北市有不動產提供各級政府機關、學校作公共或公務使用。
- 2.出租：臺北市有土地以出租方式提供需用者使用收益，可使臺北市繼續保有土地所有權，並可兼顧土地之有效管理與利用，且可定期收取租金，增裕國庫收入。
- 3.出售：臺北市有土地數量龐大，分佈廣闊，性質、形狀互異，倘全數保留為臺北市有不予出售，任其閒置，勢將造成臺北市有資源浪費，除加重臺北市政府管理土地之負擔，更妨礙相鄰私有土地之整體規劃開發利用。

## (六)行政院所屬各機關學校國有眷舍房地處理現況

行政院為全面清查處理國有老舊眷舍及閒置或低度利用之首長宿舍，以改善市容，美化都市景觀，促進土地合理利用，並促請各管理機關積極檢討國有老舊眷舍及首長宿舍，加速處理無需保留公用之房地，以提高國家資產之運用效率及充裕「中央公

務人員購置住宅貸款基金」之收益，俾利循環運用之目的，特於 92 年 7 月 10 日核訂國有宿舍及眷舍房地加強處理方案。

另為強化國家資產管理，有效處理中央各機關學校國有眷舍房地，特於 98 年 10 月 21 日訂定中央各機關學校國有眷舍房地處理要點，有關眷舍房地之處理，以行政院人事行政總處為督導機關；公務人員住宅及福利委員會為執行機關；中央各部會機關為主管機關眷舍房地之出售，由財政部國有財產署，依國有財產法相關規定處理。

眷舍房地位於都市計畫商業區、住宅區、工業區或非都市土地使用編定種類為甲、乙、丙、丁種建築用地，經各機關學校檢討已無保留公用必要，擬辦理騰空標售者，由行政院人事行政總處報送公務人員住宅及福利委員會辦理。各級地方政府，對於其眷舍之房地處理，得參照中央各機關學校國有眷舍房地處理要點辦理。

#### 四、臺北市市有宿舍及眷舍房地處理現況

##### (一)現況分析

臺北市土地面積 271.8 平方公里，依臺北市政府財政局 101 年 12 月統計資料顯示，臺北市有土地筆數 81,677 筆，面積 54.8 平方公里，約 2 成左右屬廣義的公有土地(包括公用及非公用土地)；面對如此龐大的市有土地資源，卻經常面臨公共建設用地取得困難之課題，顯然在公有土地之管理利用機制方面，有其制度功能的問題。就管理面向而言，臺北市公有土地雖有相關管理機制，但分隸 34 個機關管理，每當有國家建設用地需求之際，則往往需耗費人力、時間進行冗長之用地取得協調作業。

為加強公有宿舍房地之管理，促進土地有效利用，臺北市政府於 88 年間訂定「公有宿舍清理計畫」，全面清查各機關學校經管市有宿舍，並研訂「臺北市市有眷舍房地處理自治條例」以為眷舍各項處理之依據。

臺北市政府對於被占用、閒置、低度利用房地已分別訂定「臺北市政府加強清理及處理被占用市產計畫」、「臺北市市有公用未利用或低度利用土地清理利用計畫」、「臺北市市有閒置及低度利用建物清理利用計畫」，管理機關應依上開計畫清理被占用、閒置、低度利用宿舍房地。

鑑於眷舍房地以都市更新方式辦理開發的情形日益增多，增訂眷舍房地以都市更新辦理開發時，管理機關通知現住人搬遷之時程。

##### (二)臺北自來水事業處眷舍房地處理現況

臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)除為一經營事業體外，亦具有行政部門角色，因此在資產活化利用上原則為善盡企業社會責任、自來水企業管理責任及完成政府公部門政策任務。基此，北水處將有百年歷史的自來水博物館及其週圍地區劃為自來水園區，除了設置水資源教育館外，亦增設親水、戲水設施，使之成為臺北市兼具親水、教育、文化、休憩的多功能園地。

為促進土地資產的利用價值，將位於光復南路的民生加壓站配水池用地，開發為地下 10 萬噸配水池及地上 12 層辦公大樓及 6 層的加壓及停車大樓，除維持既有加壓站配水池功能外並活化改建停車樓，提供當地停車問題，辦公大樓並以公開招標方式提供給 NGO 團體、軟體技術研發及軟體產業服務公有育成公司等使用，對社會服務與臺北市的產業發展有相當的助益。

另規劃中的公館自來水園區旁老舊宿舍用地結合民間的私有土地，採整體開發的方式辦理都市更新，對於臺北市中正區規劃一條精彩多元的公館特色商店街與住商大樓，除都市美化外，亦催化公館商圈加速改造，預估更新效益高達 15 億餘元。

北水處自 77 年實施用人費率後，對於收回之眷舍不再配住予員工，98 年列管眷舍尚有 74 戶，經北水處積極處理空置眷舍，102 年空置眷舍僅剩 40 戶，究其原因，除少許眷舍係因配住戶不符配住資格陸續收回外，係北水處積極處理空置眷舍所致；另北水處亦主動積極探討並清理辦公廳舍閒置狀況，茲將空置眷舍活化利用方式略述如下：

#### 1. 以公開招標提供使用方式

部分房舍坐落地段良好，除積極透過法律程序收回外，並挑選位於交通便利、商業機能較高且屋況尚佳的眷舍，以公開招標方式提供使用，例如將位於臺北市大安區敦化南路、瑞安街以及松山區南京東路 5 段巷內房舍提供使用案。

#### 2. 跨機關合作

北水處為臺北市政府之一員，基於臺北市政府市有房地的整體性規劃，亦積極規劃並提供部分空置房舍供臺北市政府其他機關使用，例如位於臺北市松山區八德路 4 段（松山車站旁）之建物提供臺北市政府社會局、臺北市立圖書館、臺北市動產質借處及臺北市政府工務局水利工程處使用；另為配合臺北市政府都市再生政策，並與臺北市政府都市發展局所屬臺北市都市更新處合作，依臺北市都市再生前進基地推動計畫（URS）等方式，將臺北市士林區凱旋路眷舍作為臺北市都市再生前進基地（定名

URS27M），並已於 102 年 11 月 17 日開始營運，另刻正與該處洽商臺北市士林區中山北路 7 段巷內眷舍合作事宜。

#### 3. 設置停車場

部分眷舍因過於窳陋、老舊並有坍塌之虞且修繕需耗費龐大成本，經評估周邊環境有高度停車需求，爰將有前開情形之眷舍拆除後改建為停車場，例如臺北市大同區哈密街眷舍拆除後，設立合法登記之停車場。

#### 4. 參與都市更新案

部分老舊並有坍塌之虞眷舍拆除後與周邊土地、建物共同參與都市更新案，透過都市更新等程序，將老舊房舍徹底更新，例如臺北市大同區舊北區營業分處建物參與橋北段都市更新案、臺北市中正區汀州路眷舍參與公館新世界都市更新案、臺北市信義區松信路巷內空地參與雅祥段都市更新案及臺北市大同區承德路旁建物自行拆除後參與大龍段都市更新案。

### 五、結論與建議

自來水事業資產管理的目的，主要應考量事業的永續經營與發展，確保自來水供應的穩定與安全，滿足經濟社會發展所需，因此，除了做好平時的維護管理，讓每項資產均能發揮作用外，亦應強化其對災害的應變能力以及延長其使用壽命，增加其效能。對未能發揮效能或閒置的資產，則要加以處分或開發再利用，以增加資產的附加價值，同時挹注事業的健全發展與永續經營，其主要理念不在於營利，而是善用民間資源活力，引進企業化經營理念，借重專業人力及物力，來擴大自來水服務範圍、提升服務品質。因此，對於人力成本的節省、服務品質及經營績效的提升甚有助益，期以建立雙方

平等、互助、互信之夥伴關係，提升自來水服務品質，共創自來水處、受託人與市民三贏之局面。基此，北水處應持續推動策略略述如下：

1. 資產的體檢與利用 -- 如資產的清查與盤點、閒置資產的開發再利用等。
2. 土地的開發再利用 -- 如繼續推動公館新世界自辦都更案、北區分處辦公室配合捷運站共構的開發案等。

另公有土地應扮演帶動都市更新之觸媒 (catalyst) 角色，公有地之利用需以追求最大社會效益為目的，而不應以追求最大財務收入為目的，尤其在都市更新的過程中更甚。公有土地透過都市更新等措施除可提升效能及管理問題外，最重要的是讓公有土地能扮演較大的公益角色，提昇整體公共服務的效益。

都市更新案不但克服複雜的土地建物權利分配問題、占用問題，而且做出對都市公共利益相當大的貢獻，是具體實現市民、政府、開發者、權利人多贏的公共利益事業。

公平、公正、公開的民主過程與公民參與是都市更新正當性的重要過程，且都市更新不只是為了改善「都市環境的窳陋」，也要改善「經濟環境的衰敗」。進而追求公共利益，創造公部門與私部門雙贏的公私部門合作 (Public and Private Partnership) 是都市更新的最基本精神。

## 參考文獻

1. 黃舒衛，〈台糖土地釋出之政治經濟分析〉，《國立政治大學地政研究所碩士論文》，2000。
2. 經建會，《公營事業民營化政策評估指標建立之研究》，2000。
3. 經濟部國營事業委員會，《台糖公司民營化可

行性後續執行方案之研究》，2001。

4. 鍾麗娜，〈從財產權的經濟觀點論國營事業土地釋出之消長〉，《台灣土地金融季刊》，第39卷第3期，2002。
5. 林樊傑，〈國有土地提供開發利用模式之研究-以頂埔高科技產業園區為例〉，《國立中山大學管理學院高階經營碩士學程碩士論文》，2004
6. 內政部，《公地撥用作業手冊》，臺北市，2005
7. 財政部國有財產局，《各國國有土地經營管理制度之比較分析-以英國、日本及新加坡為例》，臺北市，2006。
8. 林鼎鈞，〈台灣農地銀行政策之初探〉，《土地問題研究季刊》，第7卷第1期，2008。
9. 楊鴻謙，〈不動產仲介交易制度應用於推動農地銀行作法之探討-從法制面、輔導面及業務面論之〉，《土地問題研究季刊》，第7卷第4期，2008。
10. 行政院公共工程委員會，《日本永續經營、環境管理及全面品質管理研修觀摩考察團出國報告》，臺北市，2008。
11. 行政院經濟建設委員會，《國公有及國公營事業土地之整合儲備機制之研究》，臺北市，2010。
12. 內政部，《房地產景氣分析暨發布方式回顧與檢討之研究》，臺北市，2010。
13. Coase, R.H., *The Firm, the Market and the Law*, Chicago and London: The University of Chicago, 1988.
14. Chua, B.H. *Singapore anagement of a city-state management*, 10 (3):231-240, 1996.

## 作者簡介

### 陳惠鈴女士

現職：臺北自來水事業處財務科三級管理師  
專長：房地管理、活化資產、企業化經營

# 員林營運所節約供水場站動力費之探討

文/陳文祥、林健益

## 摘要

節約供水場站動力費是場所管理的重要工作，用電設備效率及效益是重要的關鍵因素，而場所採取的節電措施考量是全面的，也是多元的。員林營運所自 101 年 4 月完成分區計量管網的建置，傳統的全區壓力平衡已改變為依送水管網配水需求調整，對於民眾用水習慣壓力改變所造成的民怨，及原有操作模式無法穩定造成的大量破管及水壓不足現象，讓員林營運所須認真面對操作模式必要的調整，在這個過程裡，我們發現穩定的壓力管理及適當的供水模式調整，讓整體的電力使用有明顯下降的趨勢，而這樣的效益呈現，誘發更進一步探討多元節能的可能，利用軟體配合台電公司間離峰用電檢討契約容量的訂定、檢討用電設備功率因素並對於效益不佳者進行改善、檢討清水加壓機的馬力組合併汰換老舊設備、淘汰效益不佳之深井抽水機、依據現況出水能力檢討選用適當馬力及揚程、配合相關單位進行檢漏作業，對於高地區加壓站送水模式及配電系統進行整合檢驗、分析深井歷年出水量對於效率偏低者檢討洗井以增加出水量，而在場所內雖耗電低，亦改善冷氣機通風管分流及加裝頂吸式電風扇，以提供更均勻的溫度分布減少電力耗用。

員林營運所以團隊合作方式及有效的分工執行上述的節能措施，以 100 年為基礎，101 年單位出水量減少動力使用 3.41%，102 年再減少 5%，總計兩年內減少 8.41%單

位出水量用電，兩年間共節省 110 萬 1,588kw 用電量，期間因台電公司取消自來水事業用電優惠而使得購電成本增加，若不計此因素，約可節省新台幣 250 萬用電成本。

關鍵詞：分區計量管網、DMA、節約動力費、供水模式調整

## 一、緣起

彰化縣位於臺灣西海岸正中央略微偏北的地帶，員林鎮在彰化平原東邊，是早期已開發的都會型城鎮，行政區人口約 12.4 萬，以人口數而言，為彰化縣第二大行政區，以及台灣 41 個鎮中的第一大鎮，面積為 40 平方公里。

員林營運所轄區供水系統包括員林鎮、大村鄉之美港、黃厝庄兩社區，轄屬水源全部來自 29 口深井，目前每日供水量 40,500 立方公尺(不包括支援花壇所 4500 立方公尺)，由員林第一淨水場、員林第二淨水場、員林第三淨水場出水供應(圖 1)，供水普及率 98%，售水率 74.5%。

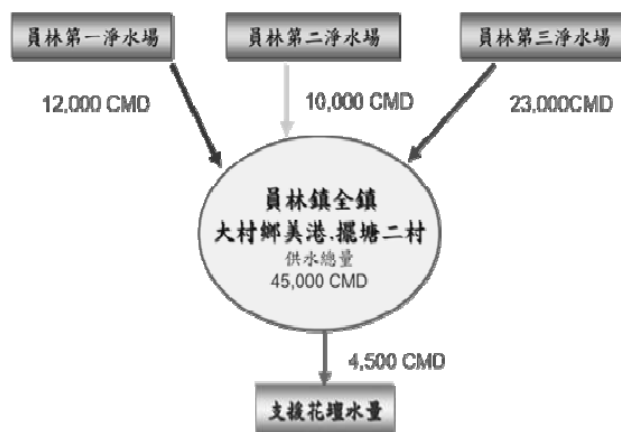


圖 1 員林營運所供水示意圖

為有效降低漏水率，台水公司於 96 年委外辦理「小區管網委外建置規劃計畫服務」案，藉由引進國內、外劃分小區管網之成功經驗技術，研擬最適建置小區管網辦理方式，由第十一區管理處員林營運所以「員林鎮小區管網示範計畫」試辦，作為實際驗證該作業之可行性、完整性及計價合理性，可作為將來全面推廣建置小區管網委外作業之標準作業規範。廠商針對員林供水系統，將管線、用戶圖資數化，規劃並建置分區管網，於各小區管網裝設管理用水量計並透過次小區檢漏作業找出漏水點，配合修漏作業將售水率提高至 80 %，使漏水量減少 5,550 CMD 以目標防漏量目標。(小區管網配合公司規定修正為分區計量管網，DMA)

員林供水系統 97 年全年之平均供水量為 44,374 CMD，用水戶數 39,365 戶，累計售水率 66.8%。101 年 4 月分區計量管網建置完成，供水量下降至 40,000 CMD，累計售水率約 73.8%，提升了 7%。

就售水率成果而言是值得肯定，但因供水模式由全區壓力平衡改變為依送水管網配水(圖 2)，一則民眾用水習慣壓力改變所造成的民怨，一則供水操作模式改變造成的破管、水壓不足、清水抽水機壓力控制及操作時間改變等，舊有操作方式及經驗無法滿足需求，101 年 4 月間由客服中心及 CSC 客服客訴之案件，每周高達 40 件次以上，經內部檢討，必須由根本的供水操作調整，逐步測試可行性，讓台水公司唯一全營運所轄區納入分區計量管網管理的供水區域，找到合適的供水操作方式。

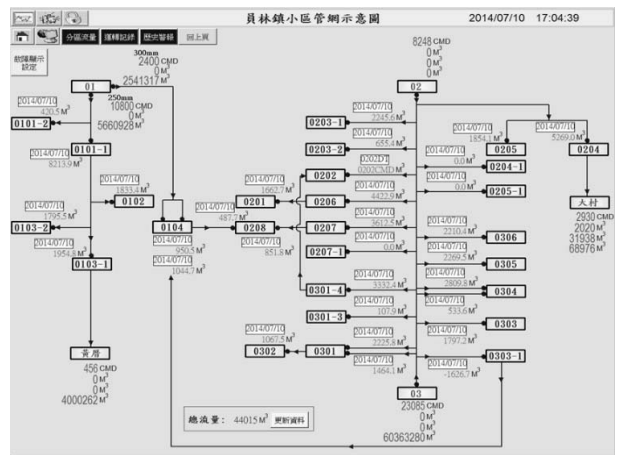


圖 2 員林小區管網供水示意圖

## 二、研究方法

在進行供水模式調整前，先進行區內供水系統檢討，其中分區計量管網將員林營運所轄區分為 3 個中區及 18 個小區(圖 3)，員林第一淨水場採重力流方式供水(第 1 中區，下轄 4 個小區)，員林第二淨水場(第 2 中區，下轄 8 個小區)與員林第三淨水場(第 3 中區，下轄 6 個小區)採動力供水，第 2 中區及第 3 中區送水管互為連結(圖 4)。

原操作模式為，員林第一淨水場以重力流方式送水，將全日區分為 8 個供水時段，依據需水量調節各供需時段所需之閥門開度，員林第二、三淨水場亦將全日區分為 8 個供水時段，以變頻操作清水加壓機出水壓力，第 2 中區及第 3 中區在尖峰期同時加壓，而在離峰時又同時降壓，但分區計量管網建置後如此操作方式造成管網壓力分布極不平均，位於送水管前端之小區進水點壓力過高，而在送水管末端之小區則壓力偏低且變化大。修正供水方式一方面為滿足區內用戶供水壓力，逐步調整提高出水壓力(圖 5)，另一方面採員林第三淨水場全日穩定壓力出水，而尖離峰用水之調節利用員林第二淨水場清水池及變頻清水加壓機來控制，預



估有足夠的壓力及供水穩定度，也希望提升清水加壓機的操作效率以達到節省動力的目的。在執行操作改善的過程，用戶無水或水壓不足現象逐步減少，而我們也觀察到動力使用也明顯逐步降低。

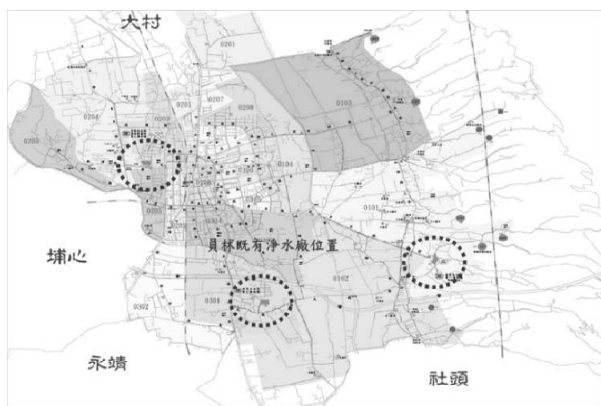


圖 3 員林分區計量管網分布圖

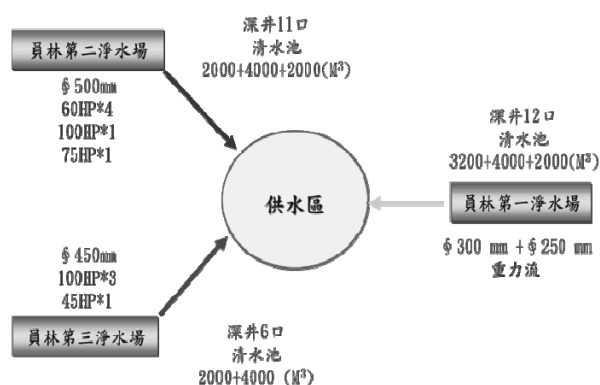


圖 4 員林營運所淨水場供水操作模式

■ 101年4月底因多戶反映水壓偏低，5月起壓力調整如下：			
一場	重力流		
二場	1.05	→	1.20 kg/cm <sup>2</sup>
三場	0.55	→	0.65 kg/cm <sup>2</sup>
■ 101年7月因增供花壇地區600CMD，壓力調整如下：			
一場	重力流		
二場	1.20	→	1.40 kg/cm <sup>2</sup>
三場	0.65	→	0.75 kg/cm <sup>2</sup>

圖 5 供水壓力調整

### 三、節約供水場站動力費策略

#### (一)調整供水操作模式及合理水壓

原有操作模式依供水系統之需加壓及降壓，以全區內管網壓力平衡為操作控制手段，分區計量管網建置後，第 2 中區及第 3 中區送水管互為連結，當用水尖峰期間起始設定，為滿足用戶用水水壓，員林第二、三淨水場開始加壓，因清水加壓機採變頻操作並以出場之壓力為控制點，然而區內之用水需求並非定時，造成變頻機作動頻繁，不只降低效率，更增加設備損壞的機率。

如圖 4 所示，員林第三淨水場二座清水池容量僅為 6,000 立方公尺，但其出水量卻高達 23,000 CMD，因此，操作模式調整為快進快出，減少清水加壓機變頻器的作動，如此，當離峰時間，員林第三淨水場之供水區域可擴增至第二中區，相對的，在尖峰時間便減少供水小區數，操作人員可根據供水系統之水壓調整員林第二淨水場出水壓力(變頻)。

以第 2 中區內之 0204 小區為例(期間 103 年 7 月 21 日至 7 月 25 日)，在日間控制 0204 小區進水端壓力約在 1.2 kg/cm<sup>2</sup>(圖 6)，夜間則因需水量減少同步降低員林第三淨水場出水量時產生較大的壓力變化，但同時檢討 0204 小區進水量時則發現每日各時段之進水差異並不大，雖然 13 時至 16 時進水量有略微變化但其供水壓力能維持在 1.2 kg/cm<sup>2</sup>，因水壓變化小，以這種操作模式民眾接受度不錯，而且因水壓穩定，相對破管機率降低，水質也因此更加穩定。就動力使用部分，員林第三淨水場清水加壓機變頻使用機會降低，設備運轉效率增加耗電減少，而員林第二淨水場僅需由操作人員依據時

段監控壓力變化進行微調，原變頻擺盪的現象也減少。另由 0304 小區(圖 7)操作模式來看，當夜間壓力降低至 0.06 kg/cm<sup>2</sup>時，仍有最低供水需求，為提供之供水壓力過低，亦遭致民怨。

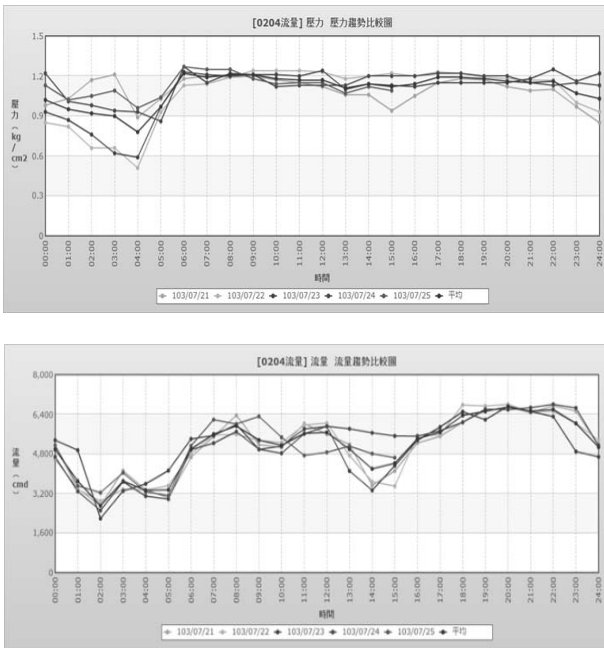


圖 6 0204 小區進水點多天 24 小時壓力及流量變化趨勢

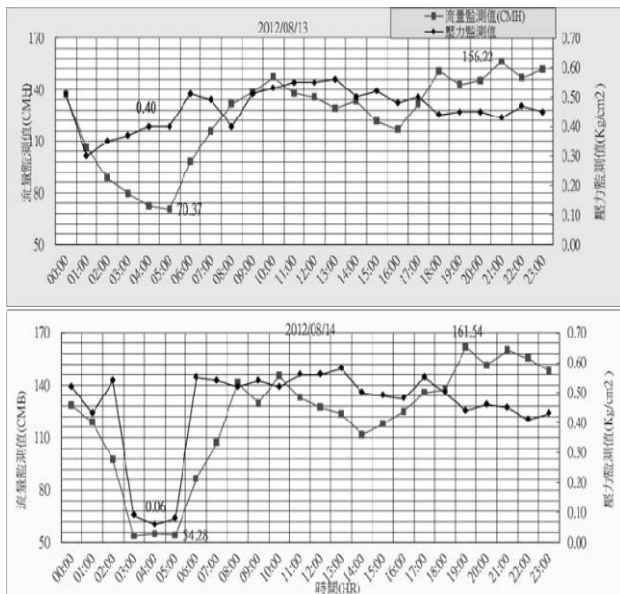


圖 7 0304 小區進水點多天 24 小時壓力及流量變化趨勢

## (二)調整契約容量及慎選時間電價計費方式

為達到用電最佳契約容量，第十一區處參考台電公司電價計費方式，結合 Excel 軟體，提供各場所試算最佳契約容量每年定期檢討，以員林第二淨水場為例，原契約容量為 300KW，經計算應調整為 292KW，而員林第三淨水場，原契約容量為 211KW，經計算應調整為 221KW(參閱表 1)。

表 1 淨水場最佳契約容量試算表

第二淨水場

年	月	經常最高需要量	最高需要量排序	年	月	經常最高需要量	試算次數	試算契約容量	超過契約容量 10%之月數
102	1	310	1	102	3	341	1	287	1
102	2	303	2	102	1	310	2	298	1
102	3	341	3	102	2	303	3	291	1
102	4	296	4	102	5	297	4	293	1
102	5	297	5	102	4	296	5	292	1
102	6	287	6	102	6	287	6	273	1
102	7	284	7	102	7	284	7	270	3
102	8	275	8	102	8	275			
102	9	271	9	102	9	271			
102	10	237	10	102	11	246			
102	11	246	11	102	10	237			
102	12	222	12	102	12	222			

試算結果：經常契約容量約 292KW 時，基本電費最省

第三淨水場

年	月	經常最高需要量	最高需要量排序	年	月	經常最高需要量	試算次數	試算契約容量	超過契約容量 10%之月數
102	1	310	1	101	2	249	1	221	2
102	2	303	2	100	6	247	2	221	2
102	3	341	3	101	1	243	3	212	2
102	4	296	4	100	8	226	4	213	2
102	5	297	5	100	11	221			
102	6	287	6	101	4	221			
102	7	284	7	100	7	220			
102	8	275	8	100	12	219			
102	9	271	9	100	9	214			
102	10	237	10	100	10	208			
102	11	246	11	101	5	208			
102	12	222	12	101	3	206			

試算結果：經常契約容量約 221KW 時，基本電費最省

## (三)改善功率因數

經檢討員林營運所第二、第三淨水場之用電效率，經檢視配電設備功率因素約為 90%，為提升供電系統效率，遂向區處提出員林-第二淨水場、第三淨水場功率因數改善工程，工程內容包括增設功率因數調整器，維持場內功因平均 97%，及增設需補充功因時投入之電容器，改善後如圖 8。



圖 8 功率因數調整器，改善後維持場內功因平均 97% 並增設電容器

#### (四)改善並選用適當電動機及抽水機

在員林營運所動力使用所佔最大的是深井抽水機用電及清水加壓機用電，經檢討深井抽水機及清水加壓機多已逾使用年限，經年維修後效益不高，遂逐步檢討設置之必要功能參數及汰換期程，其中深井抽水機部分，先就各井出水量歷線分析以了解井出水能力及趨勢，以調整深井抽水機之馬力及揚程，因深井鑿設大多已超過 20 年雖有不定期洗井，但仍出現衰退遞減出水的趨勢，所以，降低抽水機馬力延續深井使用壽命，是汰換深井抽水機的重要考量，同時由紀錄觀察的動靜水位，來調整抽水機的揚程，自 100 年 10 月起員林營運所陸續進行深井抽水機汰換計畫，汰換抽水機之相關資料如表 2，而在汰換同時，員林營運所檢討深井抽水機之管理，對於備援抽水機除帳面管

理外，亦進行倉庫整備(如圖 9)，每一部抽水機建立完整一機三卡資料，相關訊息亦保存在電腦公用資料夾及網路雲端，可供機電人員隨時調度並協調維護廠商立即作業，避免因溝通不良造成誤判。

表 2 員林營運所近年汰換深井抽水機明細

序號	場	井	電壓	水質	馬力	揚程	口徑	更換日期
1	二	9	220	4:00	50	55	200	100/10
2	三	3	220	4:00	50	55	200	100/10
3	一	12	220	1300	30	130	150	100/12
4	二	6	220	1300	30	130	150	100/12
5	一	10	220	2000	45	130	150	100/12
6	一	9	220	1700	40	135	150	101/E
7	一	11	220	1700	40	135	150	101/E
8	二	1	440	4400	50	50	150	101/E
9	二	5	220	2400	35	50	150	101/12
10	二	7	220	2400	35	50	150	101/12
11	一	8	220	2400	35	50	150	101/12
12	一	5	220	1800	40	35	150	101/12
13	一	1	380	2200	50	130	150	101/12
14	一	14	380	2200	50	130	150	101/12
15	一	4	220	650	20	135	150	102/F
15	一	8	220	650	20	135	150	102/F
17	一	7	220	1200	30	130	150	102/F
18	一	10	220	1200	30	130	150	102/F
19	一	12	220	1200	30	130	150	102/F
20	二	3	220	2000	30	50	150	102/F
21	二	10	220	2000	30	50	150	102/F



圖 9 深井抽水機倉庫整備及一機三卡管制

在清水加壓機部分，配合員林營運所全區供水系統已納入分區計量管理，員林第三淨水場操作模式調整為快進快出，減少清水加壓機變頻器的作動，經檢討抽水機馬力，原採用 100Hp 顯然過大，若搭配變頻器使用，通常控制操作頻率在 35~45 赫茲，已嚴重影響設備效率，且設備多已逾使用年限，因此，經檢討操作效益後決定汰換，員林第二淨水場汰換 2 組，員林第三淨水場汰換 3 組。(如表 3)

表 3 員林營運所近年汰換清水加壓機明細

序號	場	清水加壓機	電壓	水量	馬力	揚程	口徑	更換日期
1	二	1	440	12000	50	20	250	102/7
2	二	2	440	12000	50	20	250	102/7
3	三	2	220	14500	60	20	250	102/7
4	三	3	220	14500	60	20	250	102/7
5	三	4	220	14500	60	20	250	102/7

### (五)落實保養用電設備及檢討配電系統

為確保供水穩定，對於需使用動力輸送的供水系統其設備的妥善及有效的管理非常重要，除了前面提到的操作模式改變及檢討深井、供水系統所進行的汰換更新外，對於高地區用電設備，員林營運所在夏季大用水期間後進行系統全面盤點(表 4)，一方面確保供水穩定，另一方面對於故障頻繁、效率不佳等設備訂定檢修計畫，且納入次年度預算。以此模式進行用電設備檢點前，用電設備大都於故障後或不定期巡檢時查出異樣時通知廠商維修，如此僅能救急，且讓供水系統處於高風險，雖然於大用水期後全面盤點所花費的人力較高，但對於操作穩定有正面貢獻。

表 4 高地區加壓設備現況盤點及改善評估表

### 高地區加壓設備待改善事項

項次	加壓系統	待改善事項	預估金額	備註
1	明湖一次	1.配水池水位計改善	110,000	
2	明湖二次	1.變頻器改善 2.配電盤修護 3.配水池水位計改善	216,600	
3	山海關	1.配水池水位計改善	110,000	
4	中東	1.變頻器改善 2.配水池水位計改善	137,800	
5	大員林	1.變頻器改善	37,600	
6	員草路855巷	1.配水池水位計改善	110,000	
7	員南路	1.配水池水位計改善	110,000	
8	大峰一站	1.變頻器改善	41,800	
9	大峰二站	1.配水池水位計改善	110,000	
10	大峰三站	1.變頻器改善 2.配水池水位計改善	151,800	
11	坡姜巷	1.配電盤修護 2.配水池水位計改善	177,000	

總金額: 1,312,600

### (六)辦公室節約用電

辦公室是同仁處理公務的場所，一天約有近 10 個小時在這個工作環境，照明、通風及空調需耗用可觀的電力，自 102 年初起員林營運所對於辦公室環境進行改善，其中照明的部分由原 T3 的燈管改換成 T5 省電燈管(15 組)、增設頂吸式風扇(10 組)及改變冷氣機出風方式為風管頂送式(10 處)，成效部分，提升辦公室之照明亮度並節省約 20% 照明電力，另空調原採用擴散式送風，溫度分布極不平均，部分區域過冷，部分區域則溫度過高，通常溫度調整在 26 度，改善空調及送風方式後，送風方式平均且加上頂吸式風扇吹送，冷氣溫度由原 26 度調整至 28 度室內溫度均勻，估計動力節省約 16%。圖 10 為改善前後集中風管式空調、增設頂吸式風扇及 T5 燈管。



圖 10 風管頂送、頂吸式風扇及 T5 省電燈管

#### 四、成果展現與效益評估

經過前述節約供水場站動力費策略的執行，由相關的資料分析顯示了努力的成果，由歷年用電量與出水量(圖 11)可發現，出水量在建置完成後明顯降低，101 年相較 100 年。

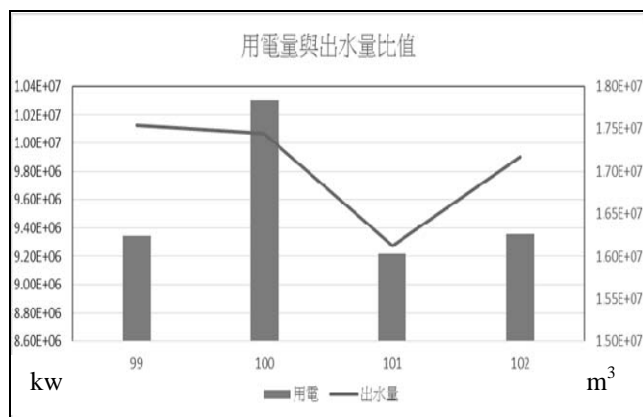


圖 11 歷年用電量與出水量之關係

減少 3614CMD，而 102 年出水量增加系

因支援花壇營運所之故，對於員林地區之配水量並未有影響，但由用電量部分則可發現 101 年、102 年用電總量明顯低於 100 年，進一步分析，以 100 年建置 DMA 期間為基礎(表 5)，每日用電量在 101 年減少約 3000kw，102 年減少約 2600kw，若轉換為單位出水之用電量，自 100 年 0.591 kw/m<sup>3</sup>，遞減至 101 年 0.571 kw/m<sup>3</sup> 及 102 年 0.545 kw/m<sup>3</sup>，兩年內用電量減少 8.41%，因台電於 102 年停止自來水事業用電優惠，故在單用出水量電費部分增加 16.94%，若以 100 年為比較基礎，101、102 年兩年間共節省 110 萬 1,588kw 用電量，期間因台電公司取消自來水事業用電優惠而使得購電成本增加，若不計此因素，約可節省新台幣 250 萬用電成本。

表 5 員林營運所動力使用分析

	出水量 CMD	用電量 kw/day	單位用電量 kw/m <sup>3</sup>	單用用電量 減少百分比	電費 元/day	單位電費 元/m <sup>3</sup>	單用電費 增加百分比
100	47,803	28,247	0.591		49,177	1.029	
101	44,189	25,249	0.571	3.41%	46,766	1.058	2.80%
102	47,033	25,636	0.545	8.41%	58,255	1.239	16.94%

進一步對於各場用電分析(圖 12 及表 6)，員林第一淨水場因所處位置員林百果山高程較高，外部深井抽水機揚程大約在 100 公尺，深井抽水機所耗之電力比力較高，因此，自 100 年起對於老舊深井抽水機組的汰換即是首要工作，而在汰換機組的選擇上也考量深井出水能力，以選用較原設計值低的馬力數，讓出水量穩定且不破壞井體結構為原則，若有出水量不足供水系統所需時，進行必要的調配並加強檢修漏作業，101 年原

水耗電量明顯降低 9.6%，而 102 年增加係因支援花壇營運所黃厝系統(約增加 1300CMD，佔總出水量 9.2%)所致，整體抽水機效益提升非常顯著。

有關員林第二淨水場在員林 DMA 所扮演的角色為供水系統壓力調節，根據系統之壓力變化來改變操作需求，因此，出水量會根據員林第三淨水場出水來調節，DMA 執行後系統需水量降低，因此，員林第二淨水場出水量亦降低，所反映出的是原水動力減少約 27.2%、淨水動力減少約 5.7%、供水動力減少約 5.7%及第二淨水場全場動力減少約 19.67%(以 100 年為基準)，績效非常可觀。

在員林第三淨水場部分，因操作模式中以本場為主要的出水供應場，整體用電量並無太大改變，但單位用電量卻可發現因用電設備改善而減少，在供水用電部分約減少 12.7%。

若以員林營運所歷年分析，在原水及供水之動力部分，原水動力減少約 12.6%、淨水動力減少約 4.2%、供水動力略增加約 0.6%，期間出水量增加 1.6%(以 100 年為基準)(出水量包括配水量及支援量，其中支援花壇營運所增加約 2000CMD)。

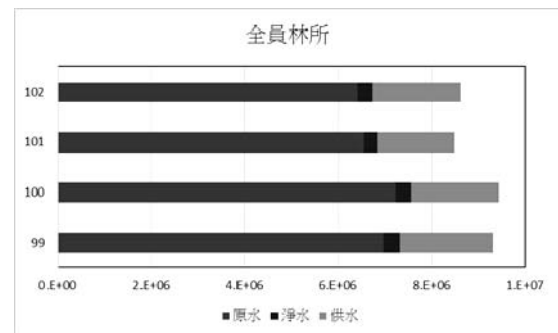
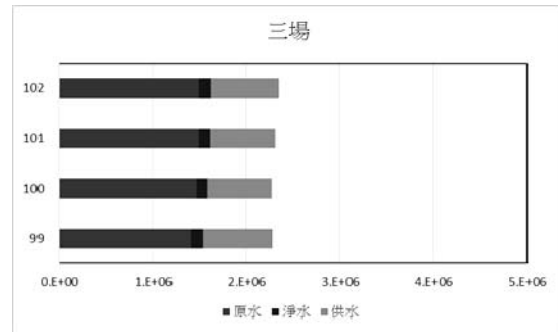
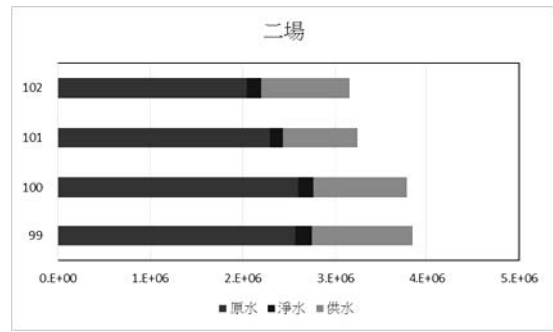
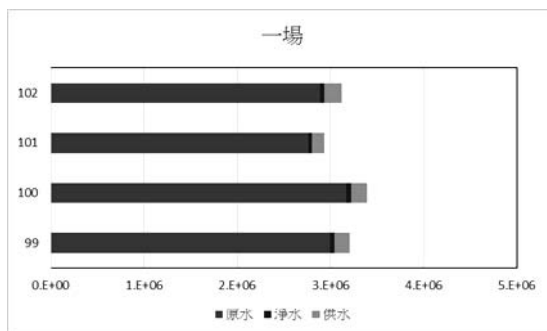


圖 12 員林營運所各場原水、淨水及供水用電分析圖

表 6 員林營運所歷年原水、淨水及供水用電量

一場	原水 kw	淨水 kw	供水 kw	小計 kw	出水量 CMD
99年	2,997,200	43,760	165,624	3,206,683	13,282
100年	3,164,793	59,416	166,458	3,390,767	12,142
101年	2,763,423	34,976	138,630	2,937,130	10,419
102年	2,887,165	46,480	189,804	3,123,551	13,420
二場	原水 kw	淨水 kw	供水 kw	小計 kw	出水量 CMD
99年	2,564,277	181,829	1,090,974	3,837,179	20,205
100年	2,594,364	169,048	1,014,288	3,777,800	19,247
101年	2,294,988	134,596	807,576	3,237,261	17,564
102年	2,037,393	159,874	959,245	3,156,614	14,484
三場	原水 kw	淨水 kw	供水 kw	小計 kw	出水量 CMD
99年	1,404,554	134,364	739,002	2,278,019	14,580
100年	1,463,677	123,942	681,681	2,269,400	16,414
101年	1,494,294	125,364	689,502	2,309,261	16,205
102年	1,489,058	131,834	725,085	2,346,079	19,129
全員林所	原水 kw	淨水 kw	供水 kw	小計 kw	出水量 CMD
99年	6,966,031	359,953	1,995,600	9,321,584	48,066
100年	7,222,834	352,406	1,862,427	9,437,667	47,803
101年	6,552,705	294,936	1,635,708	8,483,349	44,189
102年	6,413,616	338,188	1,874,135	8,625,938	47,033

#### 四、結論

公司推行分區管網至今，目前僅有員林營運所以營運所全區進行建置，這段期間各分區計量管網的售水率之提升成為各方矚目的焦點，為達成此目標，投入相當人力及物力進行維護及管理方面的工作，以傳統的全區壓力平衡已改變為依送水管網配水需求調整穩壓操作，對於民眾用水習慣壓力改變所造成的民怨，及原有操作模式無法穩定造成的大量破管及水壓不足現象，可有效發揮作用，而動力費用節約的效益是執行 DMA 建置後對於操作模式的調整過程時意外的收穫，由用電量部分則可發現 101 年、102 年用電總量明顯低於 101 年，每日用電量在 101 年減少約 3000 kw，102 年減少約 2600 kw，若轉換為單位出水之用電量，自 100 年 0.591 kw/m<sup>3</sup>，遞減至 101 年 0.571 kw/m<sup>3</sup> 及 102 年 0.545 kw/m<sup>3</sup>，兩年內用電量減少 8.41%。

後續將持續執行台水公司所頒「節約動力費用作業要點」，檢討用電方案並選用最適契約容量，保持用電設備功率因數維持於 95 % 以上，以享有基本電費優惠，並注意避免用電超約情形造成罰款增加動力費支出，並定時檢討調整最佳之供水操作模式，以符合供水品質及經濟操作，另清水加壓抽水機組因揚程不符及機具老舊，儘速辦理汰換作業，以降低動力費支出並達到節能減碳之效益。

#### 參考文獻

- 1.台灣電力股份有限公司，台灣電力公司電價表（高壓及特高壓），2012。
- 2.台灣自來水公司，員林鎮小區管網示範計畫管網建置成果報告，2012。

#### 作者簡介

##### 陳文祥先生

現職：台灣自來水股份有限公司 組長

專長：自來水規劃、效能評估、營運管理及策略管理

##### 林健益先生

現職：台灣自來水股份有限公司 工程師

專長：自來水工程規劃、設計、監造

## 「虛擬」分區計量管網之應用探討

### 摘要

在大區域之配水管網僅靠監控系統入流量來進行漏水檢測，是一項艱鉅挑戰或甚至是不可能的任務，傳統方法是藉由建置分區計量管網(District metered areas, DMAs)來監控配水管網之漏水情況，依此方法，配水管網被切割成水力分離的小區，可供監控進入每個小區域之流量，建置 DMAs 非僅可供用於漏水檢測，亦有助於小區域之水壓管理，然而在複雜之配水系統建置 DMA，慢慢發現許多缺點(在混雜管網建立 DMAs 相當緩慢且具挑戰性、必須定期檢查 DMAs 的封閉性、DMAs 於缺水及火災時將發生操作困難、管網死水端可能發生水質劣化等問題)，致有許多中歐、東歐、北美及亞洲的自來水事業，不願將配水管網劃分成 DMAs，或甚至未建置 DMAs，也能達到極低的漏水率。

為解決建置實體 DMAs 在漏水管理實務上所面臨之困難，國際間逐漸發展出「虛擬(Virtual)」DMAs 之概念，做為監控區域漏水之替代方法，其概念是在較大的水力分離區域內，佈設傳感器監視一定區域範圍，以檢測可能的漏水，並結合監控管網最重要的參數～流量與其他參數(例如水壓、水質及漏水噪聲)形成多參數監控，則將更有利於監控漏水之發生，縮短定位漏水點所需時間。

本文乃探討傳統 DMAs 監控漏水的優點及缺點，並舉例探析其替代方法－虛擬(Virtual)」DMAs 之區域監控設置原則、作業

文/李丁來、陳郁仁、隋忠寰、張敬悅

方法和技術方案，供國內自來水事業參考。

關鍵字：管網監控、分區計量管網、虛擬區域監控、多參數監測

### 一、漏水管理的傳統方法

由國際水協會(IWA)所發展推廣，現為各國採用之真實漏水損失管理四大策略為水壓管理、主動漏水控制、修漏速度與品質、管線資產管理。其中「主動漏水控制」非僅漏水檢測之相關措施，例如階段測試、漏水噪聲調查及噪聲紀錄器，而管網監控措施也是包括在內，目前已有各種成熟的管網監控措施，最普遍且為人熟知的係監控進入整個系統(通常是指小系統)的入流量及進入水力分離的區域，即分區計量管網(District metered areas, DMAs)。

DMA 管理的主要原則是利用進入管網中之一個侷限區域內之流量來評估漏水程度，建立 DMA 有助於掌握目前漏水情形，並決定其漏水整治之優先順序。藉由監控 DMAs 內之夜間最小流量，可以辨別是否發生新的破管事件，以使漏水管控在可接受的經濟程度(例如無費水率在 15%內)，一個標準的 DMA 配置如圖 1 所示，DMA 之每日入流量均被計量，其數據則被記錄及傳送到資料庫進行分析。DMA 內夜間最小流變動模式，詳如圖 2 所示，從圖 2 可辨識出發生明漏及暗漏事件情形。

DMA 的大小基本上是與配水管網之良窳有關，若漏水率越高，則 DMA 宜小，約是 500~1000 個接水點；反之，若漏水率越

低，則 DMA 宜大，約是  $\geq 3000$  個接水點。在 DMA 內可於進水點處設置減壓閥，進行微區域水壓管理，避免發生漏水及破管情事。

建置 DMA 進行管網漏水及安全狀況監

控，在各國已是行之有年且證明有效的方法。然而，在建置 DMA 時發現有一些缺點，導致有些國家或地區，例如中歐、部分東歐、北美地區應用接受度低。傳統 DMA 之優缺點如表 1 所示。

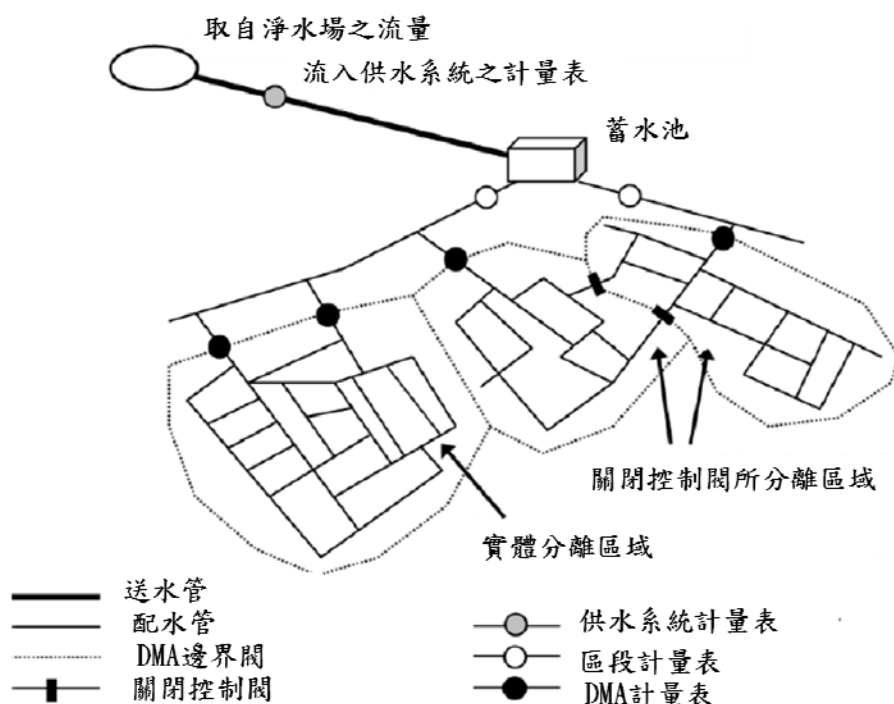


圖 1 標準 DMA 配置(資料來源:Morrison, J.等人 2007)

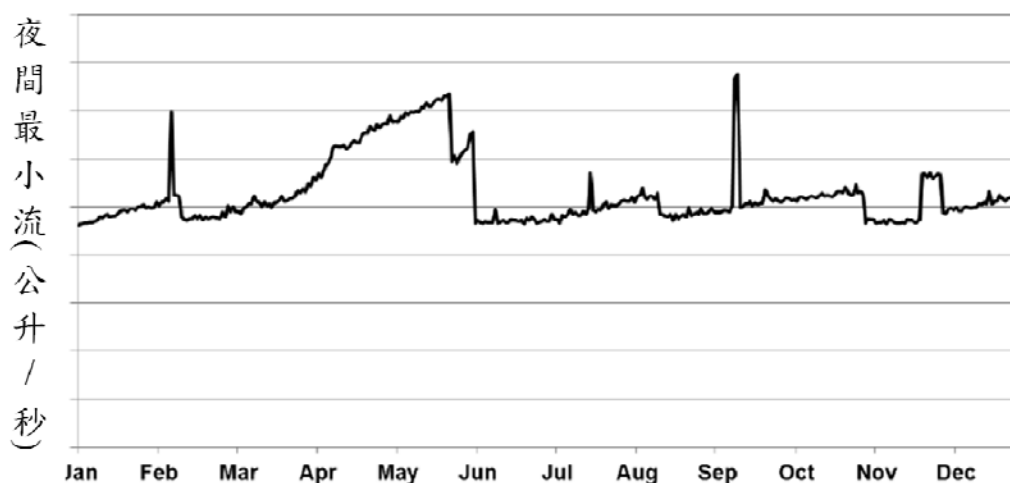


圖 2 DMA 內夜間最小流變動模式(資料來源:Koelbl 2014)

表 1 傳統 DMA 之優缺點

優點	缺點
1.快速確認漏水區，縮短查覺漏水時間。	1.因為受限水力、管網圖資遺失、不明管線等因素，在混雜管網建立 DMAs 相當具困難及挑戰性。
2.指引較好的檢漏方向，降低檢漏成本。	2.具彈性的 DMA 邊界必須定期檢查其封閉性，勞力需求高。
3.發生重大破管時，可縮小影響區域。	3.DMAs 會發生操作困難問題；於缺水及火災時，為確保 DMAs 內供水無虞，控制閥須打開俾支援其他 DMA。
4.可永久監控管網狀況。	4.發生爆管時，為確保 DMAs 內供水無虞，控制閥須打開俾支援其他 DMA 用水。
5.可在 DMA 內實施微水壓管理及收集管線漏水修復資訊，俾評估管網安全狀況，適時決定進行汰換更新。	5.管網死水端可能生水質劣化問題

資料來源: OVGW W 63 (2009)及 Koelbl (2014)

若自來水事業基於操作便利性，對配水管網不擬切割，則在這樣的大系統會發生監控不足的問題。通常的做法是執行定期漏水檢測，然而此種檢漏作業，並不是基於實際發生漏水的情況而進行檢測。相反的，是基於年度因素，以人工方式，一步一腳印的進行檢漏，不僅係人力密集也耗費龐大，事實上，在整個網絡中執行漏水檢測需要很大的努力，而且這不是很有效地以可持續方式減少漏水，因為發現漏水的時間和找到漏水點的時間可能會很長。

## 二、傳統DMAs的替代方法～虛擬區域監控

傳統 DMAs 的缺點如何克服？目前已經發展出的替代方法，其一是在選定的區域範圍內，安裝固定式噪聲記錄儀，然後把資料傳訊到 SCADA 控制系統。噪聲記錄儀是通過無線電中繼器模組及通訊網路，藉由

GPRS 將漏水數據資訊傳到個人電腦或伺服器，但此項技術之主要缺點是：

- (一)噪聲記錄儀對於塑膠類管線之監控效果不佳，較合適使用於金屬管線。
- (二)被檢測到的漏水噪聲僅能指出管線有發生漏水，但無法根據漏水噪聲大小指出漏水速率之多寡。因此，無法依據漏水噪聲數據決定修漏之優先順序。

另一項替代方法則是虛擬區域監控 (virtual-zone-monitoring method)技術。

若供水系統發生漏水，將會增加系統入流量及改變水力狀況(流量及水壓改變)，就以往實際處理經驗，管網發生流量及水壓異常變動時，可經由溯源找到漏水或其他異常管段，特別是用水離峰時段。因此量測管網邊近漏水區之特定點流量變化，就可以估算漏水量。所謂「虛擬監控區」係指管網中介於傳感器(sensor)位置間之區域，這些區域與配水管網或 DMA 中的其餘部分，在水力上

並未分離。這些虛擬監測區內水力或其他參數之變動，可利用選定區域之鄰近傳感器監測而得，而流量在一個或多個傳感器之改變，能夠協助辨識漏水及定位漏水點位於管網何處。

管網之理想傳感器佈設位置及密度，須根據水力分析評估而定，若尚未建立水力模型時，傳感器佈設位置及密度則須仰賴以往類似管網之建置經驗做判斷，如同評估 DMA 之大小，傳感器佈設密度與管網之狀況有關，漏水情況嚴重者則佈設密度高，此外，傳感器的密度將取決於管網結構，以及用水結構。通常情況下，傳感器的數量是每 100 公里的管網長度約佈設 5 至 20 個傳感器。

圖 3 為虛擬區域與實體 DMA 關係示意，實體 DMA 是水力分離區域，理想情況是僅有一個水量進入點，而虛擬區域是無水力限制之開放管網，虛擬區域的界限並沒有精確定義，在不同的操作條件下有些微的差別，甚至會彼此重疊。可用於監控管網的方式很多，端視參數而定，最重要的參數是流量，若搭配水壓或漏水噪聲將更有助益，此類使用超過一個以上參數之監控方法，稱為「多參數監控法」。

為在管網量測點連續監控流量，需選用具有雙向計量功能的水量計，例如全口徑型磁感應流量計、插入式電磁感應流量計、超音波流量計等。全口徑型磁感應流量計及超音波流量計一般可安裝在窰井或量測室，而插入式電磁感應流量計則可安裝在較節省成本的豎坑上，需要時可移除傳感器。相較於傳統 DMAs 而言，虛擬區域監控的主要優點是不需要建立水力分離區域，管網水力容

量，也不會被管網所限制。然虛擬區域監控的主要缺點是水壓管理只能針對整個水力分離區域，例如圖 3 之 DMA，虛擬區域監控的優缺點如表 2 示。

### 三、多參數監控原理

「多參數監控法」係指用於配水管網選定點，結合兩個或多個參數(流量及水壓，或流量及噪聲)進行實際漏水管理之方法，參數結合越多，越有助於對監控數據之解讀，有些傳感器可同時監控這些參數，有些則僅監控單一參數，可依地制宜是需要應用。增加檢測漏水噪聲，有助於取得有關漏水點的詳細訊息，大體而言，單一漏水噪聲檢測半徑並不會彼此重疊，取決於傳感器的空間密度(如圖 4 所示)。如果一個或多個噪聲紀錄器檢測到漏水信號時，漏水點會被直接顯示出來，但如果沒有任何量測點檢測出漏水信號，則可以將每個檢測點的量測區面積予以排除後，根據檢測區邊界條件(如管線材質，管徑，土壤等)間接將漏水位置區面積縮小，聚焦進行檢測漏。一般而言，多參數檢測結果的解讀，是將實際檢測數據與先前的檢測數據相比較。在多數情況下，夜間數據(類似於夜間最小流量數據)將可提供關於漏水情況的足夠訊息，而建置長期監控系統可能是有益的，可提高找到漏水點的正確性。

連續 24 小時進行漏水噪聲記錄，相較於只在晚間執行漏水噪聲記錄，具有容易發現漏水的優點，因為通常情況下，典型的漏水噪聲發展是，最密集的噪聲會出現在洩漏發生的時刻與管線爆裂時(如圖 5 所示)，在管線發生破裂一段時間後，在地下漏水點周

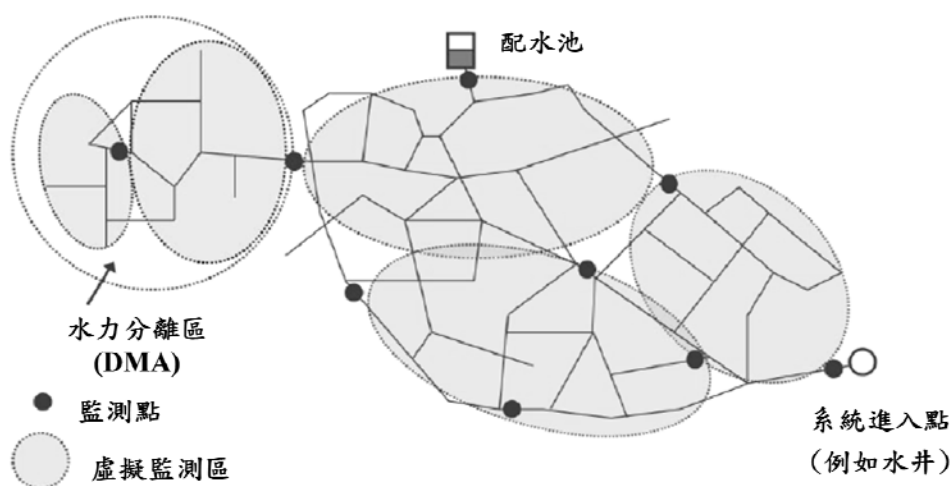


圖 3 虛擬區域監控(僅監控流量)與 DMA 關係示意(資料來源:Koelbl 2009)

表 2 虛擬區域監控之優缺點

優點	缺點
1.即使管網所有管線尚未圖資化，也可規劃及建置虛擬區域監控，因為毋須水力獨立，管網水力未改變。	1.因水力未獨立，故在虛擬區不易進行水壓管理
2.毋須定期檢查區域邊界、閥門封閉性或區域間的互連情形。	2.因區域界線具有彈性，用水量及實際損失量不易計算，故在虛擬區不易進行水平衡
3.在所有操作條件下，可使用全管網水力容量。	3.實施多參數監控，監控點(傳感器)多，設備投資及維護費高
4.減少停滯區的水質問題(無死水端)	4.某些系統需在靠近傳感設備地點，設置地面控制箱
5.快速確認漏水區，縮短查覺漏水時間	
6.採取主動漏水檢測措施(例如線上階段測試)可降低漏水檢測成本	
7.監控管網狀況及對水力有較佳了解	

資料來源： Koelbl (2014)

圍空間會充滿漏出的水，而此時漏水噪聲量已然減小。因此，採用連續監控漏水噪聲，將提高檢測洩漏噪聲的可能性。

水壓監控對於直接指出漏水點的功能，較不重要，因為只有發生大型漏水（管線爆裂，如圖 5 所示），才會導致水壓顯著下降，此類漏水，一般可由監控流量及地面發生越來越明顯洩漏而被發現，但是，水壓

數據可做為補充的資料來源，用於協助解讀噪聲及流量數據。例如，供水系統在白天和夜晚時發生顯著水壓變化，當用水量大時顯示水壓下降。此種壓降也會降低漏水噪聲。在夜間離峰時分，用水需求減少，配水池也蓄滿了，此時供水系統水壓將達到最大，漏水噪聲也將達到其最大程度。

多參數監控法，不僅可提供關於管漏的

訊息，它們也提供關於水力（流量和壓力）及聲波在供水系統變動訊息，這些變動可能來自於控制閥操作改變或在消防栓取水所致。因此，在解讀監控數據時，必須將實際的供水操作活動納入考量，負責漏水防治之

單位，應與供水操作單位緊密結合，執行供水系統類此監控作業，非僅可對管網水力有更好地了解，有助於漏水損失的管理，對於配水系統的總體優化，如水力校正，水力最佳化和提高能源使用效率等，亦頗有助益。

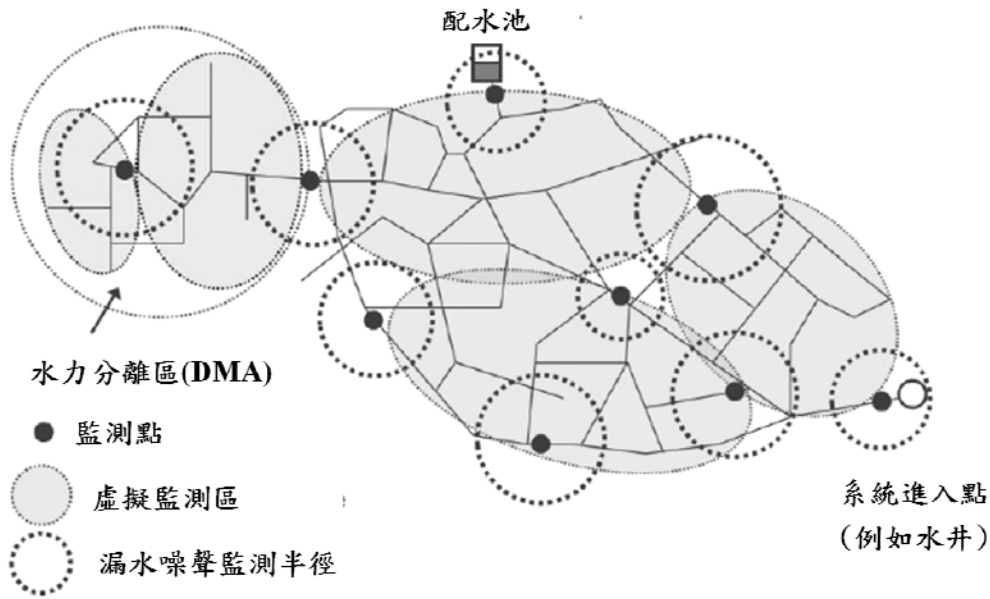


圖 4 虛擬區域監控(僅監控流量)與 DMA 關係示意(資料來源:Koelbl 2009)

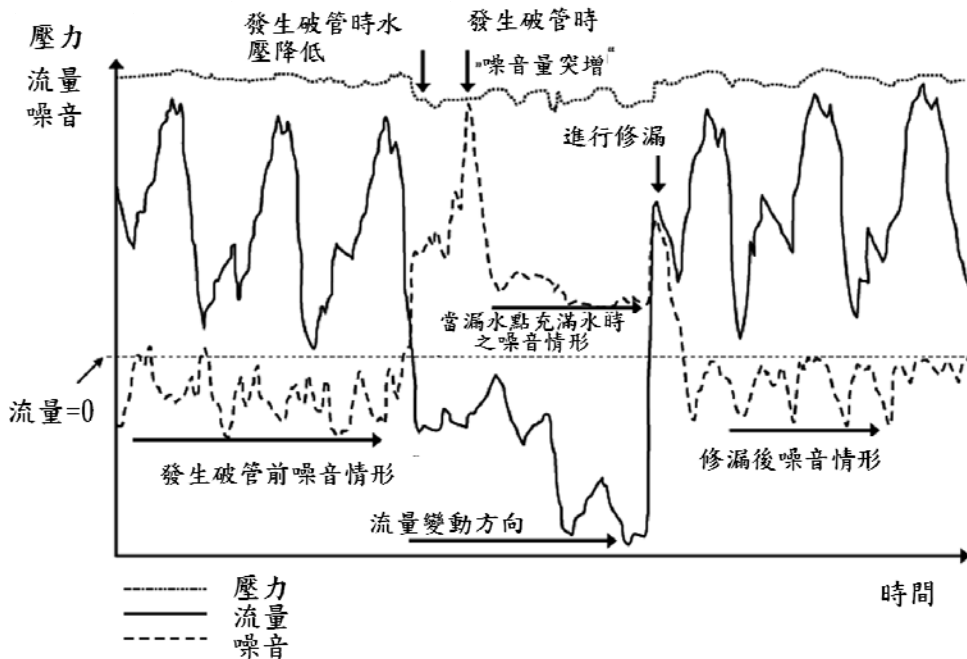


圖 5 虛擬區域監控～多參數量測範例(資料來源:Koelbl 2009)

#### 四、虛擬區域監控系統之技術環境

傳感器和數據傳輸單元的能源供應主要來自於監控系統，可同時使用一般電源和太陽能面板，為了因應電源可能中斷，也介接電池電源，以備不時之需。為將所記錄數據從傳感器傳輸到 PC 或伺服器，可運用 GSM、GPRS、電纜、無線電等傳輸技術來執行。就個別自來水事業需要而言，最合適及有效的解決方案，必須根據現有的數據傳輸系統及可用的電信服務而定。該解決方案也須考量應傳輸的數據量、所記錄參數的數量、數據記錄間隔和數據傳送間隔。當使用線上連接時，則將有龐大的數據量需要傳送。

先進的虛擬區域監控技術供應商，應提供自動化數據分析軟體解決方案，以降低漏水點的確認時間，並減少日常網絡監控作業所需勞動力。依據系統不同，進行線上數據的分析是可能的，可允許進行階段測試時，同時監控管網數據。無論是軟體可以被安裝在使用者控制系統上，或者在數據分析可以通過網路介面來完成，這取決於系統的功能。

#### 五、虛擬區域監控系統與其他系統之結合

在建立一個新的管網監控系統時，經常遇到的問題，如何將原有供水系統中已經存在的流量和水壓監控資訊，整合成一個新的監控系統。一般而言，虛擬區域監控系統是模組化設計的，所以具有作業彈性，可以與現有的系統結合起來。例如，進入系統之供水量已裝表計量，且在管網中無其它計量裝

置，此種情況下，系統計量表（假設符合標準的安裝技術要求）可以被整合到監控軟體中，成為虛擬監控系統的一部分。此外，已預先存在 DMA 入口的量測設備（例如水壓）亦可被整合到虛擬區域監控系統。

虛擬區域與現有 DMA 的建置原理係一致。此外，它在邏輯上係可使用現有的 DMA 架構，或在考慮地理和地形條件下，可以很容易地被建置，就可建立新的 DMA。例如，許多城市在城市中心規設有大區，但在周邊地區有一些地勢更高的區域，需要加壓供水，這些小型加壓供水區域可以很容易地建置為 DMAs。而在城市中心的大區，則建置為虛擬區域可能會較有利供水操作及漏水管理。

在高漏水率的弱勢區域，供水系統常面臨的另一個問題是，需要建置小型的 DMAs，搭配先進的水壓管理，以使實際漏水得到控制。一旦此類 DMAs 的漏水狀態獲得改善，就可再次提高系統供水壓力，此時就可放大 DMAs，不需要小型 DMAs（例如每 DMA 小於 1,000 個接水點）。與虛擬區域監控相結合，將可允許 DMA 的規模酌予放大，例如將兩個或更多個 DMA 之間區域邊界放棄，合併成較大的 DMA 區域。同時，在新組成的大區域內，選定適當地點，安裝傳感器，建置一個虛擬區域監控系統。在一個較大的 DMA 進行細分的好處是，僅需要更少的時間來確定漏水點，並使用虛擬區域監控系統進行線上階段測試來定位漏水區域，更快地執行修漏作業，至於水壓管理則是對整個區域。當建立新的 DMAs 時，虛擬區域可以幫助優化 DMA 規模，通常情況

下，我們很難將管網切割成接水點 < 1000 的 DMA，所以如果結合虛擬區域監控觀念，就可使 DMA 規模更具建置彈性。

結合虛擬區域監控與永久或臨時安裝的漏水噪聲記錄儀也有利漏水管理。對於漏水的檢測，當監控指出流量發生改變，噪聲記錄器資料可協助定位漏水點。而如果噪聲記錄器資料顯示可能發生漏水，其可能的漏水量可由流量監控結果來驗證，如果同時發現數個漏水點，則須依據漏水量推估排定修漏優先順序。虛擬區域監控系統可提供數據，做為漏水的風險（定量的、空間的、損害潛勢）或對修漏和/或管線汰換更新作業優先性評估，以優化成本的效益。

## 六、結語

(一)在配水管網系統的一個大區域，僅使用系統進流量監控技術來監控漏水是一項艱鉅的挑戰-甚至是不可能的任務。傳統以 DMA 來監控配水管網的做法面臨水力限制、執行成本、可能的水質問題、須投入更多人力辛苦的維持 DMA 邊界等缺點，亟待克服，也是自來水事業在推動執行 DMAs 時進度緩慢，甚至不願推動之主因。

(二)一個合理可行的 DMAs 替代方法是建置虛擬區域監控，也是目前奧地利（OVGW，2009 年）和德國供水損失指南（DVGW，2013 年）所推薦採用的方法，此創新的管網監控方法，毋須要求建立水力分離區域，虛擬區域監控概念是在區域內建置傳感器，來辨識漏水點，除了監控流量外，也監控其他參數（例如水壓及漏水噪聲），以更正確的解

讀漏水監控數據。

(三)一般而言，虛擬區域監控系統可以與其他監控和漏水定位系統，例如 DMA 和漏水噪聲記錄結合，與 DMA 的結合可協助優化 DMA 的經濟規模，並改善在 DMA 內進行漏水定位所需時間。

## 七、未來應用建議

(一)本文探討虛擬 DMA 的設置概念，此概念實際上目前在歐洲是已於部分地區應用，與傳統 DMA 的觀念上，主要差異在於虛擬 DMA 考慮了當無法進行實體 DMA 時，一項可執行的替代方案；但是此方案有其應用上的基礎，其中比較重要的是需要更多的監測，及需要更強的軟體分析功能，對於未來自來水事業的影響在於投入的成本是否具有經濟效益，需予精算比較；且因為是開放管網，因此佈設監測點位置的評估作業，所需專業度也隨之提高，因此未來對於規設 DMA 所需之專業經驗要求宜予提升。

(二)而在只有部分流量、水壓及漏水噪音監測數據的情況下，要進行整個開放管網的掌握，可能仍有其難度，此時透過更詳細的管網分析來確實掌握各接點水力狀況，藉此監測各流量、水壓及漏水噪音異常狀況，就更顯重要，但要達到這情境，對於分析的人力及軟體工具導入之需求也將提高，因此未來宜加速對於人員專業職能之培訓。

(三)目前國際實務作業上，已有一些降低 NRW 計畫的執行方式，在某種程度也是先預設為實體 DMA，但允許設置為「群組式」DMA，「群組式」DMA 的概念即

與「虛擬」DMA 概念相近，因此基於解決目前以實體 DMA 規設所帶來之供水操作缺點，可預測未來都會型自來水系統之DMA規設，將會朝實體及虛擬DMA混合方式進行建置，國內自來水事業可選擇部分區域逐步進行試辦。

## 參考文獻

- 1.DVGW W 392 (Draft 07/2013), Water losses in distribution networks – Assessment, monitoring, classification, water balance, performance indicators. - DVGW, Bonn, Germany.
- 2.Koelbl J. & P. Martinek (2011), Innovative network monitoring technologies to support water loss management. - Bluefacts 2011, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- 3.Koelbl, J. & R. Gschleiner (2009), Austria's new guideline for water losses. - Water 21 December 2009 (Issue 11.6), pp55-56. IWA Publishing, London, UK.
- 4.Koelbl, J. (2009), Process Benchmarking in Water Supply Sector: Management of Physical Water Losses. PhD-thesis, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, 56, Graz University of Technology, Austria.
- 5.Koelbl, J., Martinek, D., Martinek, P., Wallinger, C. F., Fuchs-Hanusch, D., Zangl, H. & A. Fuchs (2009), Multiparameter Measurements for Network Monitoring and Leak Localising. - Conference Proceedings Water Loss 2009, Cape Town, South Africa.
- 6.Koelbl, J. (2014), Virtual Zone Monitoring - Conference Proceedings Water Loss 2014, Viena, Austria.
- 7.Malcolm Farley(2010),Are there Alternatives to the DMA?- Asian Water December 2010.
- 8.Martinek. P.(2012), Innovative network monitoring technologies for hydraulically not separated large zones- Conference Proceedings Water Loss UK 2012, Birmingham, UK.
- 9.Morrison, J., Tooms, S. & D. Rogers (2007), District Metered Areas Guidance Notes. - Guideline of IWA Water Loss Task Force.
- 10.OVGW W 63 (2009), Water Losses in Water Supply Systems: Assessment, Evaluation and Measures for Water Loss Reduction. - OVGW directive, OVGW, Vienna, Austria.
- 11.台灣自來水公司(2011),分區計量管網作業要點.
- 12.臺北自來水事業處(2011),「101-103年小區委外規劃與計量分析」工作說明書.

## 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：自來水工程規劃、設計、營運管理及研究

### 陳郁仁先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程員

專長：環境工程、自來水淨水操作處理

### 隋忠寰先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程員

專長：土木工程、結構力學、水力分析

### 張敬悅女士

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程師

專長：地理資訊系統、自來水管網管理

# 從 0 到 1—台水公司治理之沿革與前瞻

文/陳佩君、莊東明

## 摘要

為應台灣連爆嚴重食安、企業舞弊問題後，所引發公司治理等相關議題，加上台灣有限的自來水資源，並為全民把關立場，亟需探究台水公司治理之推動成果。

本研究目的，透過文獻蒐集及專家深度訪談的方法，以瞭解台水公司治理現況。

經研究獲致以下結論：1.董事會或董事長是公司治理關鍵成功因素。2.董事長產生的方式與董事會成員意見反應機制、再進修課程，以及公司行政團隊對董事會成員之支援程度、公司重大事故發生之管理機制等，皆與公司治理成效呈正相關。董事長遴派應以績效及事業長遠發展為主要考量依據。3.領導者之願景領導成效佳及董事會成員之建議意見獲尊重、董事會議資訊事前傳送與會成員之即時性等，與公司治理績效有關。4.專業且積極的外部董事，會提升公司治理成效。5.風險管理對公司治理具有重大影響性，無論是財務面或非財務面。6.公司治理未來發展趨勢與機制，以公司治理績效為基礎，實踐企業社會責任，期提昇永續經營利基。7.董事會成員擔負保險與公司治理成效未顯示正相關。

## 一、緒論

### (一)研究背景與動機

近 5 年（民國 99~103 年）台灣爆發嚴重瘦肉精、毒澱粉、食用油添加銅葉綠素調色及餿水油混充食用油等食安問題，震撼全國人民的食品安全感，造成人心惶惶，並已提

升至國安層級。令人錯愕的是，企業經營怎容許類此不法情事發生？

再觀，台灣近 2 年（民國 102~103 年）爆發內線交易案、詐領公款弊案、知名集團高幹集體索回扣等企業舞弊案件層出不窮，令人不寒而慄，不禁想問國內的公司治理、企業社會責任與企業永續經營是否已蕩然無存？消費者何辜？利害關係人何其不幸！

國營企業經營應為國內各企業之表率，其治理成效理應為國人健康把關或提供安全的品質保障。因此，國營事業之治理是否在除追求企業獲利外，亦已善盡企業社會責任值得探究。

「陽光、空氣、水」是生命三要素；「油、電、水」中，更以「水」為迫切需要。特別是台灣屬於水資源缺乏的國家，水資源管理尤為重要，台灣自來水股份有限公司（簡稱台水）為全台最大供水企業，站在為全民把關立場，亟須探究台水公司治理之推動成果。

### (二)研究目的

根據前述之研究動機，本研究擬瞭解公司治理發展沿革、瞭解公司治理運作概況、探討公司治理成效評估，並藉由公司治理專家訪談，找出精進作為。因此，本研究目的臚列如下：

- 1.瞭解公司治理發展沿革。
- 2.瞭解公司治理運作概況。
- 3.探討公司治理成效評估。
- 4.藉由公司治理專家訪談找出精進作為。

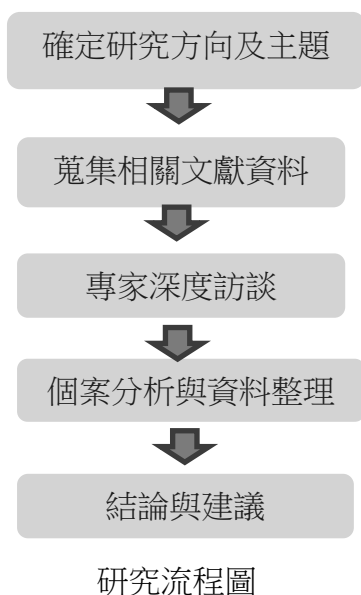
### (三)研究方法

為達成本研究目的，藉由以下兩種方法進行探討：

- 1.文獻蒐集與分析（蒐集次級資料分析）：藉由金融監督管理委員會（以下簡稱金管會）、經濟部、台水之相關文獻，以及證券服務等報導，彙整及分析以瞭解公司治理概況。
- 2.專家深度訪談：透過深度訪談二位實務經驗豐富之專家，以瞭解台水公司治理現況。受訪者簡介摘述（如表 1）。

### (四)研究流程

根據前述之研究目的，本研究進行的步驟說明如下：首先確定研究方向及主題，進而蒐集相關文獻資料，接著進行專家深度訪談，然後再個案分析與資料整理，最後提出結論與建議。本研究之研究流程（如下圖）。



## 二、文獻探討

### (一)公司治理相關理論

自從媒體披露企業被掏空、排放廢水污染環境及食安等嚴重問題後，公司治理已成

為一門顯學。本研究摘自標竿企業、實務界與專業學者對公司治理之詮釋（如表 2）。

表 1 受訪者簡介

受訪者	職位	年資	訪談時間	
甲君	1. 大學企管系副教授	1. 大學任教 25 年	2 小時	總時間： 3 時 15 分
	2. 獨立董事	2. 擔任獨立董事 5 年		
乙君	1. 大學財管系主任	1. 大學任教 23 年	1 小時 15 分	
	2. 獨立董事	2. 擔任獨立董事 5 年		

表 2 公司治理的定義與意涵

資料來源 (西元)	定義與意涵
中華公司治理協會（2002 年）	公司治理是一種指導及管理的機制並落實公司經營者責任的過程，藉由加強公司績效且兼顧其他利害關係人利益，以保障股東權益。
陳柏松（2007）	公司治理離不開人性，回歸基本面，也就是讓企業公民重視倫理道德和社會責任，才是公司治理有效的不二法門。
宏碁施振榮創辦人（2011）	公司治理是眾人之事的問題，要符合「誠信、透明、公平、負責」8 字箴言。
台積電張忠謀董事長（2011）	公司治理，是董事長的責任。
台灣證券交易所公司治理中心（2014）	公司治理是指一種指導及管理企業的機制，以落實企業經營人的責任，並保障股東的合法權益及兼顧其他利害關係人的利益。

（資料來源：本研究整理）

另外，近日知名食品企業集團屢次發生食安事件，重挫企業形象及消費者信心深受打擊。因此，研究整理公司治理與風險管理之相關意涵（如表 3）。

表 3 公司治理與風險管理之相關意涵

資料來源	對公司治理與風險管理之看法
經濟合作與發展組織(OECD)	企業規範應強調在事前的風險評估，應該同時注意財政上及非財政上的風險，且風險管理應同時包含經營策略上的風險以及運作上的風險。 <sup>(1)</sup>
勤業眾信聯合會計師事務所溫紹群、李介文	針對 2013 全球年營收 10 億美金之企業，調查永續與企業會責任狀況。依當中 250 位財務長的回應，認為永續議題基於法令遵循及風險管理的影響，在未來的兩年內將會明確存有其角色。 <sup>(2)</sup>

(資料來源：本研究整理)

### (二) 公司治理相關法規

除金管會（證期局）發布之公司治理相關法規供參酌，台水另訂有「台灣自來水股份有限公司公司治理實務守則」等公司治理相關法規運作（如表 4）。

表 4 公司治理相關法規

發布單位	法規名稱
總統公布	公司法
金管會（證期局）	上市上櫃公司治理實務守則
金管會（證期局）	上市上櫃公司企業社會責任實務守則
金管會（證期局）	上市上櫃公司董事、監察人進修推行要點
台水	公司章程
台水	董事會組織規程
台水	台灣自來水股份有限公司公司治理實務守則

(資料來源：本研究整理)

### (三) 國營事業公司治理現況

台水 100% 公股，經濟部持股佔 84.29%，政府是重要利害關係人<sup>[3]</sup>，故經營必須遵循政策指示且要符合企業化經營方式（如表 5）。

表 5 國營事業公司治理文獻

法令名稱	條文 / 規定	規定內容
國營事業管理法	第三條	本法所稱國營事業如下： 一、政府獨資經營者。 二、依事業組織特別法之規定，由政府與人民合資經營者。 三、依公司法之規定，由政府與人民合資經營，政府資本超過百分之五十者。 其與外人合資經營，訂有契約者，依其規定。 政府資本未超過百分之五十，但由政府指派公股代表擔任董事長或總經理者，立法院得要求該公司董事長或總經理至立法院報告股東大會通過之預算及營運狀況，並備詢。
自來水法	第八條	公營之自來水事業為法人，其組織由中央主管機關定之，並應以企業方式經營，以事業發展事業。

(資料來源：本研究整理)

綜合上述文獻發現，擬訂 11 個訪談題目如下：

1. 董事長產生的方式是否與公司治理績效有關？
2. 董事監察人之意見，在董事會中被重視之程度是否與公司治理績效有關？
3. 外部董事參與是否會提升公司治理成效？
4. 董事會成員對會議決議之事項控制與監督之能力(作法)與公司治理是否有正相關？

5. 董事會議資訊事前傳送與會成員之即時性與公司治理績效是否有關？
6. 董事會成員之再進修課程與公司治理成效是否有正相關？
7. 公司董事會成員擔負保險是否會提升公司治理成效？
8. 風險管理對公司治理是否具有重大影響性？
9. 公司行政團隊對董事會成員之支援程度與公司治理是否有正相關？
10. 公司重大事故發生之管理機制與公司治理成效是否有正相關？
11. 公司治理未來發展趨勢與機制如何？

### 三、台水組織經營概況與公司治理探討

#### (一) 台水組織沿革

台水供水範圍遍及全台（除台北市及新北市之新店區、永和區全部，三重區、中和區大部分及汐止區小部分劃歸臺北自來水事業處負責供水外）。台水設置總管理處與分支機構〔12 個區管理處（負責生產、操作、維修、營業及用戶服務等業務）及 3 個工程處（負責辦理自來水新、擴建工程之規劃、設計及施工）〕。

台水成立已有 40 年之久，於 88 年 7 月從省營事業改隸經濟部，之後再於民國 96 年 5 月 1 日奉核適用「國營事業體制」。目前即將完結經濟部服役，階段性任務將交由政府組織改造後的環境資源部（未來環保署改制後）接管。其間，經營概分為四個階段摘述如下<sup>[4]</sup>：

#### 第一階段( 民國 63~72 年)：(提高普及率)

於民國 63 年 1 月 1 日合併全省 128 個水廠，成立「臺灣省自來水股份有限公司」，

積極辦理各地自來水新(擴)建工程，以加速提高全省自來水普及率。歷經十年之整合及擴建，實際供水普及率提升至 69.69%，於十年間提高 28.66 個百分點，成長近 7 成，成效斐然。

本階段增設財務處、秘書室、企劃處、第十一區管理處、電子計算機中心、北工處、中工處、南工處、員工訓練所、南北水表修理場。

本創立時期，選任董事會成員，計有董事 11 席（台灣省政府代表 6 席，高雄市、基隆市、台南市、台南縣及台北縣政府各 1 席），監察人 3 席（台灣省政府、高雄縣政府及屏東縣政府代表各 1 席）。

#### 第二階段( 民國 73~82 年)：(充裕水量)

此十年間投入新擴建工程，投資經費達 615 億元。迨至民國 82 年底，設計出水能力已達 7,334 千立方公尺/日。更積極辦理區域性供水管網連通，俾相互支援，加強穩定供水。

本階段增設第十二區管理處。

本時期，為配合經營各地方供水需求，董事會成員已擴編，計有董事 23 席（主要由各政府代表 1 席），監察人 9 席（主要由各政府代表各 1 席）。

#### 第三階段( 民國 83~92 年)：(提升水質)

配合行政院環保署民國 87 年新訂「飲用水水質標準」分階段頒布，台水重新評估淨水場，推動淨水場現代化。尤其，辦理大高雄供水改善計畫，大幅降低總硬度至 150 mg/L 以下，為台灣地區自來水水質改善樹立新的里程碑。

本階段營運處劃分為營業處及供水處；電子計算機中心改名為資訊中心、水質

研究中心改名為水質處；台北辦事處及檢核室以任務編組成立。

本時期，檢討董事會成員編制後，計有董事 15 席（除董事長與總經理外，增設 3 席勞工董事，主要還有學者專家 4 席、各政府代表輪任 6 席），監察人 5 席（主要為學者專家及各政府代表）。

#### 第四階段(民國 93~迄今)：(提升服務品質)

為提升用戶服務品質，積極採取相關具體作為，諸如：(1)創新服務流程，陸續推出「一處收件，全程服務」、「繳費管道多元化」、「跨機關合作」、「得來速」等措施，提供便捷、全方位的服務。(2)99 年 6 月建置完成客服中心 (Call Center)，「撥打 1910，一通就靈」，24 小時專人提供服務，開啟便民服務新紀元。(3)民國 101 年 4 月第八區管理處深溝水源生態園區通過環境教育場所認證，成為經濟部所屬事業、台灣東部第一個取得認證的場所。推動環境教育場所建置，係台水善盡環境永續的社會責任，也是體現用戶服務品質的重要一環。

本階段，臺灣省自來水股份有限公司更名台灣自來水股份有限公司，成立檢核室、工安環保處、客服中心、漏水防治處。

目前台水股東持股情形，大股東-經濟部持股比率 84.29%，其餘地方政府持股比率 15.71%。100%官股，屬未公開發行公司。本時期，維持前階段董事會成員編制，依據台水公司章程第十四條：「本公司置董事十五人，監察人五人，任期均為二年，連選得連任。」規定，董事 15 席中，除董事長與總經理外，主要有獨立董事 2 席、勞工董事 3 席、學者專家 4 席、外部董事（包括學者

專家 4 席與縣市代表 4 席）8 席及監察人 5 席，主要由具股東身分之縣市政府代表。依台水經營管理需求，設置董事會土地買賣及交換審議小組、公司治理委員會，發揮與執行董事會預審機制，積極提升董事會功能與議事效能。

#### (二)台水經營概況分析

台水資本總額 1,375 億元，依公司章程第二條所示，所營事業包括：1.自來水經營業 2.飲料製造業 3.飲料批發業 4.食品什貨、飲料零售業 5.度量衡器修理業 6.除許可業務外，得經營法令非禁止或限制之業務。台水經營理念 (Management Philosophy) 為品質 (Quality)、創新 (Innovation)、信賴 (Credibility)、專業 (Knowledge)。企業使命 (Mission) 是「提供量足、質優自來水，以提升國民生活水準、促進經濟發展」。願景 (Vision) 為「成為國際級自來水事業」<sup>[5]</sup>。

台水 102 年度經營績效：(一)收支：總收入 281.40 億元、總支出 280.69 億元，稅前淨利 0.55 億元(二)供水量：31.29 億立方公尺(三)售水量：22.55 億立方公尺(四)普及率：91.56%(五)用戶數：655 萬戶(六)每員工負擔用戶數：1,193 戶。經營績效佳。

#### (三)台水公司治理運作現況

台水公司治理始於行政院核定之「經濟部所屬事業 94 年度工作考成實施要點」新增「國家政策-21 公司治理」事項。其後，每年賡續推動公司治理業務。自民國 98 年 4 月起，按「經濟部所屬事業 98 年度工作考成實施要點」，委由第三公正單位辦理年度公司治理制度評鑑。近 10 年推動積極實踐公司治理概況（如表 6）。

表 6 台水公司治理大事紀

時間	大事紀要
94 年 4 月	行政院核定之「經濟部所屬事業 94 年度工作考成實施要點」新增「國家政策-21 公司治理」。
94 年 12 月	函示「經濟部所屬事業實施獨立董事制度作業要點」。
95 年 5 月	依「經濟部所屬事業 95 年度工作考成實施要點」之「國家政策-21 公司治理」，敘明：(1) 健全內部控制制度(2) 強化資訊公開制度(3) 強化董事會職能及議事效能。
96 年 4 月	經濟部同意公司修訂公司章程第 13、14、17 及 19 條條文一案，其中第 14 條無須修正。
96 年 6 月	依「經濟部所屬事業實施獨立董事制度作業要點」選任 2 席獨立董事（零持股董事）。
96 年 9 月	敦請 2 席獨立董事擔任「董事會土地開發審議小組」委員並擔任共同召集人。
97 年 9 月	原名「台灣自來水股份有限公司土地買賣交換審議要點」修正為「台灣自來水股份有限公司董事會土地買賣及交換審議小組設置暨審議辦法」。
98 年 10 月	遵依經濟部國營會選任第三公正單位，接受年度公司治理制度評鑑。
99 年 8 月	通過並頒行「台灣自來水股份有限公司經營管理暨策略委員會設置要點」。
99 年 11 月	通過並頒行「台灣自來水股份有限公司董事會議事規則」。
99 年 11 月	通過並頒行「台灣自來水股份有限公司獨立董事行使職權要點」。
100 年 6 月	通過並頒行「台灣自來水股份有限公司股東會議事規則」。
101 年 3 月	遵依經濟部政策成立企業社會責任推動委員會
101 年 3 月	推行「台灣自來水股份有限公司獨立董事暨監察人與董事會檢核室、經理部門互動計畫」機制。
101 年 6 月	通過並頒行「台灣自來水股份有限

	公司董事及監察人選任辦法」。
101 年 7 月	頒行「台灣自來水股份有限公司監察人信箱處理要點」，明訂採用累積選舉法。
101 年 11 月	通過並頒行「台灣自來水股份有限公司道德規範與行為準則」。
101 年 11 月	通過並頒行「台灣自來水股份有限公司公司治理委員會設置要點」。
101 年 12 月	遴派公司治理委員會委員。
102 年 4 月	修正並頒行「台灣自來水股份有限公司獨立董事行使職權要點」。
102 年 6 月	依公司法第 27 條規定，董監事分流（大股東選任董事）。
102 年 8 月	修正並頒行「台灣自來水股份有限公司公司治理委員會設置要點」。
102 年 10 月	舉辦反貪腐座談會。
102 年 12 月	舉辦公司治理績優企業參訪。
103 年 4 月	依如下原則：(一) 持續強化與健全公司治理能力。(二) 彰顯除弊、防弊與興利決心。(三) 積極強化企業社會責任，俾利永續經營。(四) 明定統一發言人制度。(五) 提升企業競爭力，並完成修正「台灣自來水股份有限公司公司治理實務守則」。
103 年 9 月	研提本公司 103 年度企業社會責任推動概況彙整表報告。
103 年 9 月	召開本公司 103 年度企業社會責任推動委員會第 1 次會議，並將細分為公司治理、環境保護與勞動安全、員工關懷與社會服務等三個推動小組，戮力實踐社會責任。
103 年 10 月	研提「台灣自來水股份有限公司企業社會責任政策(草案)」暨「台灣自來水股份有限公司企業社會責任實務守則(草案)」並獲董事會通過後頒行。

(資料來源：台水網站、本研究整理)

近年特別在經濟部國營事業委員會大力推動公司治理制度評鑑，一方面帶動國營事業注重公司治理風氣；另一方面也健全台水公司治理制度。以今(103)年度公司治理

制度評鑑而言，得標之中華公司治理協會參酌上市櫃公司治理制度後，訂有七大構面施行評鑑如下：(一)確保一個有效的法律與管制架構規範國營事業。(二)政府作為所有人的角色。(三)平等對待所有股東。(四)與利害關係人的關係。(五)透明度與揭露。(六)國營事業董事會的責任。(七)管理階層的紀律與溝通。

目前台水全球資訊網，揭露重大政策、訊息公布欄、便民快捷區、首長最前線、政風園地、交流園地等多單元，提供主要利害關係人（如政府、工會、用戶、員工、投資人、供應商、社區民眾等）及外圍利害關係人（如媒體、批判者、民意代表等）瞭解公司經營概況。

此外，特別建置「公司治理專區」與「企業社會責任專區」，分別揭露有關公司治理與實踐企業社會責任相關資訊，如 (一)公司治理相關法規：公司治理委員會設置要點、公司治理實務守則。(二)股東會資訊：中央、地方股東持股數及股東會議事錄。(三)董事會資訊：董事、監察人簡介及董事會議事錄。(四)財務、業務資訊：永續報告書、損益表及資產負債表決算資訊。(五)企業社會責任政策、實務守則及報告書等訊息，以積極實踐公司治理，進而善盡企業社會責任，邁向永續經營之路。

續上，台水公司治理發展歷史，大致可分為如下四期：萌芽期、成長期、茁壯期、穩健期（如表 7）。

表 7 台水公司治理發展歷史分期表

期別	年份	備註
萌芽期	94~95 年	台水雖為未公開發行公司，配合政策率先推動公司治理工作。
成長期	96~100 年	台水開始設置獨立董事（零持股董事），並發揮其功能。
茁壯期	101~102 年	台水能在公開發行公司角逐競賽中，連獲兩年部屬事業公司治理評鑑第二名佳績。
穩健期	103 年含以後	台水公司已能發揮自律精神，定期檢視法規妥適性與否，以及率先某些上市櫃或公開發行公司，設有公司治理企業社會責任專區揭露其相關政策、守則，積極善盡企業社會責任。

（資料來源：本研究整理）

#### 四、台水公司治理運作機制成效分析

公司法第 8 條，股份有限公司之董事、監察人為公司負責人，也是等同張忠謀先生或大多數人認同的公司治理應是董事會的事，亦即是董事會成員須擔負起善盡善良管理人之責。

觀台水 103 年度公司治理運作機制，符合上到下垂直並與平行單位之整合。可從董事會土地買賣及交換審議小組、公司治理委員會與獨立董事暨監察人與董事會檢核室、經理部門互動會議（以下簡稱互動會議）等運作機制說明。以互動會議為例，以往監察人較屬事後監督，惟設置互動會議後，監察人可即時於事前、事中及事後監督管理；另外還可達到 double check 及相輔相成之功

效（如表 8）。

表 8 台水董事會下設之預審機制與績效

會議名稱	討論事項	後續執行情形
董事會 土地買賣 及交換審 議小組 (102.09.0 3 及 103. 02.13 共 2 次預審)	預審國定古蹟 「原臺南水道」 地上建物，擬贈 與臺南市案。	獲今年 3 月份董事會 通過，並將配合臺南 市政府完成古蹟修 復工程，規劃設置自 來水博物館時，提供 自來水文物作為展 品，並參與日後導覽 解說工作，以致力保 存自來水產業文 化，善盡企業社會責 任。
公司治理 委員會 103 年第 3 次會議	預審「台灣自來 水股份有限公司 企業社會責任政 策(草案)」暨「台 灣自來水股份有 限公司企業社會 責任實務守則 (草案)」。	於 10 月份董事會議 原則通過。後續更制 度化，積極落實台 水企業社會責任。
獨立董事 暨監察人 與董事會 檢核室、 經理部門 互動會議	預審聘任會計 師、預決算等財 務報告、內控機 制	每年度提股東會報 告「獨立董事暨監 察人監督公司營運 計畫及財務報表之 表達併執行情形」 績效表，深獲肯定。

(資料來源：本研究整理)

## 五、專家深度訪談

針對題項逐項分析如下：

問題 1：董事長產生的方式是否與公司治理  
績效有關？

訪問摘要：「董事長派任有國家或公司法的  
相關規定，一切必須要合法。因內  
升或外派皆有利弊。對於近兩任董  
事長表現滿意，他們很認真及負責  
任。」(甲受訪者表示)。「董事長的  
派任應以績效、事業長遠發展為主  
要考量依據。」(兩位受訪者皆表

同樣意見)

結論 1：董事長績效與公司治理成功呈正相  
關。董事長產生的方式與公司治理  
績效呈正相關，且應以績效、事業  
長遠發展為主要考量依據。

問題 2：董事監察人之意見，在董事會中被  
重視之程度是否與公司治理績效  
有關？

訪問摘要：「公司經營者，特別是董事長與  
總經理的經營理念、領導哲學與公  
司經營策略，對公司經營績效具顯  
著影響。他們幾乎決定董事會的績  
效。目前董事會運作成效佳，董事  
長與總經理都有他們的一套管理哲  
學及經營事業之願景，並導入、深  
化於董事會之監督管理，譬如對於  
工作績效及品德(格)等皆有明確之  
要求。目前董事會運作有助於公司  
經營策略監督並落實執行，邁向永  
續經營之路。」(乙受訪者表示)。「擔  
任台水公司獨立董事歷時 6 年有  
餘，期間觀察公司各單位對於董事  
會成員之建議或意見皆獲尊重，尚  
無遺珠之憾情事。」(兩位受訪者皆  
表同樣意見)。「不希望『一言堂』  
情況，接受也同意他們不放棄原來  
的獨立思考能力，有回應、有共同  
討論，這種方式很好。當意見反應  
後，透過管道，並檢視其機制健全  
否，經過效益分析，滾動式檢討。」  
(乙受訪者表示)。

「至於須否評估董事會整體績效之  
觀點，方才前面已說明，現階段領  
導者之願景領導成效佳，故有否急

迫建立董事會整體績效評估機制，並非關鍵問題。」(兩位受訪者皆表同樣意見)。

結論 2：董事會績效與公司治理成功呈正相關。領導者之願景領導成效佳及董事會成員之建議意見獲尊重，與公司治理績效有關。

問題 3：外部董事參與是否會提升公司治理成效？

訪問摘要：「外部董事才會愛護名聲嗎？那是『人』的問題，要專業且積極，仍須視該職務有無實質發揮功能，好比設置獨立董事是件好事，但並非得要過度增加席次。其實任何制度立意皆是良善的，究竟是好或壞，都要以『成效』來論。」(兩位受訪者皆表同樣意見)

結論 3：外部董事若具專業且積極，會提升公司治理成效。

問題 4：董事會成員對會議決議之事項控制與監督之能力(作法)與公司治理是否有正相關？

訪問摘要：「目前我們除於董事會議中建議外，還透過公司高階(副總或含以上)主管積極列席的董事會土地買賣及交換審議小組、公司治理委員會及互動會議反應，進而追蹤控制高階經理人行為。同時這些溝通平台，意見交流更加順暢。另外，我們在參與總經理主持的廉政會議會議時，發現他們在經過獨立董事幾次提醒後，議事資料越精緻。特別是台水董事會，每半年對高階主管的工作績效做檢討。」(兩位受訪者

皆表同樣意見)。

結論 4：董事會成員意見反應機制與公司治理呈正相關。

問題 5：董事會議資訊事前傳送與會成員之即時性與公司治理績效是否有關？

訪問摘要：「公司皆按公司法及公司規定，於董事會議召開 7 日前，函送開會通知及相關完整資料，方便事先詳予審閱，以利正確決策，做得相當好。」(兩位受訪者皆表同樣意見)

結論 5：董事會議資訊事前傳送與會成員之即時性與公司治理績效有關。

問題 6：董事會成員之再進修課程與公司治理成效是否有正相關？

訪問摘要：「公司每年皆有安排董事監察人進修課程(如 IFRS 或 CSR 等)，切合實用，並聘請專業人士、大學教授及會計師等授課。事前透過需求調查，學習成效佳，有助於對台水經營管理之需。」(兩位受訪者皆表同樣意見)。「建議日後可邀請標竿企業的主管或實務界專家來上課，瞭解並強化實務運作。」(乙受訪者表示)。

另，「『董監事閱覽專區』亦可網網相連，例如：連結中華公司治理協會、台灣證券交易所公司治理中心等網站，俾隨時查閱最新公司治理資訊。」(乙受訪者表示)。

結論 6：董事會成員之再進修課程與公司治理成效呈正相關。

問題 7：公司董事會成員擔負保險是否會提升公司治理成效？

訪問摘要：「像國營事業，若因為有投保責任險，有可能讓人趁機從事不法之事！」(甲受訪者表示)。「若有因未盡責導致公司損失，應追究責任。投保乃對保護利害關係人(保護第 3 人)，若能購買董監事責任保險為佳。」(乙受訪者表示)。

結論 7：董事會成員擔負保險與公司治理成效未顯示正相關。

問題 8：風險管理對公司治理是否具有重大影響性？

訪問摘要：「A+企業也須風險管理政策，不過要依公司經營型態或政經、社會等因素通盤評估。實務上，某些企業將接班人計畫、非避險性投資納入風險控管。」(甲受訪者表示)。「針對風險管理政策，應該是從風險評估、影響層面，乃至風險控制，皆有一套機制，最好是能為列「總經理工作報告」。以台水為例，核心事業—銷售自來水，萬一用水安全遇有突發重大水質問題時，即不堪設想，風險管理就會變成緊急應變，進而需損害評估。另外，財務風險評估也相當重要，像台水就需要對固定資本投資、固定資本利息做評估與管控。因為水價 20 年無法反映成本做合理調漲，動力費(電費)無法再優惠致成本增加，現在公司經營仍用過去的保留盈餘，須審慎釐定財務風險管理。」(乙受訪者表示)。

結論 8：風險管理對公司治理具有重大影響性，無論是財務面或非財務面。

問題 9：公司行政團隊對董事會成員之支援程度與公司治理是否有正相關？

訪問摘要：「對公司提供執行業務資源滿意。只是董事會議以外，需涉及其他單位辦理的會議或業務。偶有單位資料未能事前一週提供，致未能周詳審閱。各單位業務聯繫窗口很重要，還有會前溝通都有必要，如此對會議效果與政策推動方能展現效能。」(兩位受訪者皆表同樣意見)。

結論 9：公司行政團隊對董事會成員之支援程度與公司治理呈正相關。

問題 10：公司重大事故發生之管理機制與公司治理成效是否有正相關？

訪問摘要：「台水董事會運作訂定完善之機制，目前設有定期與不定期機制，如董事會土地買賣及交換審議小組(視案件需要召集)、公司治理委員會(原則每季召開一次)、互動會議(平均一年召開十次以上)與專案功能性委員會(視案件需要召集)，先行預審重大或繁雜之議案，協助董事會作重大決策，成效良好，提升董事會議事效能。舉互動會議為例，最近針對內部控制制度自行檢查及聲明書，就已詳加預審 4 次，案件還在依審查意見辦理修正。」(兩位受訪者皆表同樣意見)。「近年頒行重要資訊通報董事及監察人作業要點，遇有重大事故時，公司皆有依規向董事會成員傳簡訊通知與即時更新，或提報董事會等，迄今尚無超乎掌控之情事發生。」(兩

位受訪者皆表同樣意見)。

「就專業而言，除工程技術類較難置喙外，其餘組織制度、財務類等議案送董事會審議時，皆提出意見，透過協商取其平衡點。不過，近來發現有業管單位案件，較多因未事先充分蒐集資訊或廣徵意見，導致案件未能獲順利通過。」(乙受訪者表示)。

結論 10：公司重大事故發生之管理機制與公司治理成效呈正相關。

問題 11：公司治理未來發展趨勢與機制如何？

訪問摘要：對於展望 104 年：「台水明年以公司治理績效為基礎，實踐企業社會責任。雖然上市櫃或公開發行公司有些不錯的制度，但無須一味模仿。現在機制完善。例如同時有監察人與獨立董事制度，可以 double check，相輔相成。」(兩位受訪者皆表同樣意見)。

迎向下一個「十年」：「未來台水政策可積極朝環境生態考量，負起台灣水資源的保母責任，往後對水資源的來源、保護、運用及回收，應有企圖心投入並研擬前瞻思維之策略，並據以落實，期提昇永續經營之利基。」(兩位受訪者皆表同樣意見)。

結論 11：公司治理未來發展趨勢與機制，以公司治理績效為基礎，實踐企業社會責任，期提昇永續經營利基。

## 六、綜合評析

針對前章專家訪談問題，分析結果(如

表 9)。

表 9 專家訪談問題評析

訪談問題	題目	成立與否
問題 1	董事長產生的方式是否與公司治理績效有關？	成立。
問題 2	董事監察人之意見，在董事會中被重視之程度是否與公司治理績效有關？	成立。
問題 3	外部董事參與是否會提升公司治理成效？	部分成立。
問題 4	董事會成員對會議決議之事項控制與監督之能力(作法)與公司治理是否有正相關？	成立。
問題 5	董事會議資訊事前傳送與會成員之即時性與公司治理績效是否有關？	成立。
問題 6	董事會成員之再進修課程與公司治理成效是否有正相關？	成立。
問題 7	公司董事會成員擔負保險是否會提升公司治理成效？	部分成立。
問題 8	風險管理對公司治理是否具有重大影響性？	成立。
問題 9	公司行政團隊對董事會成員之支援程度與公司治理是否有正相關？	成立。
問題 10	公司重大事故發生之管理機制與公司治理成效是否有正相關？	成立。
問題 11	公司治理未來發展趨勢與機制如何？	成立。

(資料來源：本研究整理)

## 七、結論與建議

基於以上資料分析，本研究獲致以下結論與建議。

### (一)結論

這篇研究獲致 7 點結論如下：

1. 董事會或董事長是公司治理關鍵成功因素。
2. 董事長產生的方式與董事會成員意見反應機制、再進修課程，以及公司行政團隊對董事會成員之支援程度、公司重大事故發生之管理機制等，皆與公司治理成效呈現正相關。董事長遴派應以績效、事業長遠發展為主要考量依據。
3. 領導者之願景領導成效佳及董事會成員之建議意見獲尊重、董事會議資訊事前傳送與會成員之即時性等，與公司治理績效有關。
4. 專業且積極的外部董事，會提升公司治理成效。
5. 風險管理對公司治理具有重大影響性，無論是財務面或非財務面。
6. 公司治理未來發展趨勢與機制，以公司治理績效為基礎，實踐企業社會責任，期提昇永續經營利基。
7. 董事會成員擔負保險與公司治理成效未顯示正相關。

## (二)建議

由上揭結論特別提出 3 點建議如下：

1. 釐訂公司治理－財務風險評估規劃。台水兼負政府政策，落實地方供水需求每年重大建設約 100~120 億元，並須照顧無自來水及原住民地區，龐大支出須有完善財務風險評估規劃，以符各界期待。
2. 公開聲明公司治理－內部控制制度為有效的。台水常為人詬病之「停漏水過久且屢次反應未獲滿意處理」、「員工抱怨工作或健康」等問題。我們期待台水經營是有效率的，管理措施是可行的，可朝公開發行公司之方向發展，建立有效的內部控制制度並公開聲明之。
3. 深耕環境並共享價值。環境也是台水的利害關係人，未來改隸環境資源部後，更是責無旁貸需在環境保護與水資源處理、運用及回收等方面加以著力，俾台水永續經營。

公司治理是屬自律、自發性行為，台水健全這項利己（提升工作績效及企業形象）且利人（實踐企業社會責任）的公司治理工作，值得分享與借鏡。深信這部台水公司治理「為民正義」故事上映是叫好又叫座，引領期盼未來更加亮麗，從 0 到 1，沒有最好，只有更好。

台積電甫獲《天下》最佳聲望標竿企業，張忠謀董事長演講「企業為誰而戰？」時分享經營理念：「Do no evil（不做壞事）」是亙古不變之哲學，追求公司、客戶、社會三贏。本研究認為這應是對企業經營或公司治理給予最佳註解。同時期待台水 DNA 不斷複製、傳承。

## 參考文獻

1. OECD (2014), "Risk Management and Corporate Governance", <http://www.oecd.org/daf/ca/risk-management-corporate-governance.pdf>。
2. 溫紹群、李介文 (2014), "永續經營的財務長觀點", 證卷服務No627, 頁20-25。
3. 品格致勝-以自覺資本主義創造企業的永續及獲利, 約翰·麥凱 (John Mackey)、拉哲·悉索迪亞 (Raj Sisodia), 許瑞宋譯, 頁184。
4. 台灣自來水股份有限公司, "前言", 台灣自來水股份有限公司, 台水四十週年專輯, 2014年1月, 頁10-13。
5. 經濟部台灣自來水公司永續報告書, 102年度。

作者簡介

陳佩君小姐

現職：台灣自來水股份有限公司董事會管理師

專長：經營管理、行政管理、會議管理

莊東明先生

現職：台灣自來水股份有限公司企劃處處長

專長：企業管理、環境工程管理、績效管理



本刊 104 年「每期專題」

期別	專題主題 名稱	副主題項目	時程
34 卷 第 1 期	自來水有效管理	管網規劃管理、供水管線、水壓控制、供水穩定、分區計量、漏水損失控制與管理、洩漏檢測、非開挖技術、防蝕控制、漏水防制等	2 月
34 卷 第 2 期	水質安全 及處理	淨水處理技術、海水淡化、淨水高級處理、水廠改造、消毒、過濾、水質處理案例、水質安全、多重屏障、廢水處理、水質檢驗監測與管理等	5 月
34 卷 第 3 期	節能減碳	節能減碳管理與應用、設施操作及維護與管理、營運管理、節省動力費、設備動力探討、能源管理、綠色水廠等	8 月
34 卷 第 4 期	自來水營運管理及 用戶服務	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、人力需求、收費、用戶服務與客服管理、資訊管理與應用、公共參與、教育與培訓、顧客服務、認證等	11 月

~歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優~

# 開發人力資源及促進組織發展工具-行動學習之探討

文/王雪芳、蔡淑惠

## 摘要

1992 年《第五項修練》(The Fifth Discipline-The Art and Practice of The Learning Organization) 出版後,「學習型組織」與「五項修練」被視為最新的管理理論。適用我們於邁入 21 世紀,精密科技高度發展的知識經濟及劇烈變化將成為常態的環境下。未來最具優勢的組織是學習型組織,其目的在於建立學習的觀念,有意義地學習,使成員在工作中突破自我能力上限、活出生命的意義。此種組織擁有快速學習的團隊,能隨環境變遷調整應變,是致勝及永續發展的關鍵。

許多組織在推廣組織學習時,易停留在「坐而言」的階段,或者不了了之,很難做到「起而行」。行動學習法可讓個人和團隊直接從工作中「學習如何學習」,甚至不需要先理解五項修練的方法或理論,就可以開始實踐「做中學」,達成組織學習目標。

行動學習是一個精心設計的學習機制,藉特定運作規則,塑造一個尊重和正向的自主學習環境,將團隊帶領到未來,是開發人力資源及促進組織發展的利器。本研究探討行動學習促進個人、團隊及組織學習之關係,透過情境模擬,演練行動學習運作方式,並且嘗試將所學應用於日常辦公室互動。本研究結果發現:行動學習除提升個人領導力及團隊工作效率,並可做為開發人力資源及促進組織發展的具體作法,可做為未來行動學習擴大規模研究之參考。

## 一、前言

臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)為臺北市政府所屬市營事業機構,負責供應臺北市及新北市部分地區居民用水。北水處採企業方式經營,並以善盡社會責任、打造一座不缺水的綠色供水城市為目標。支撐此目標的重要元素,即為健全人力資源和組織發展,為達成該目的,所採取的手段,即是強化員工的領導力,才能帶領組織在快速變遷的環境,通權達變屹立不搖。

本研究藉蒐集領導管理、行動學習及組織學習相關著作,探討行動學習促進個人、團隊及組織學習之關係;透過情境演練建立練習場,藉行動學習運作的外顯模式及內隱技巧,塑造一個尊重和正向的自主學習環境,使成員體驗及學習聆聽、探詢與反思等技巧,除提升個人領導力及團隊工作效率,並可做為開發人力資源及促進組織發展的具體作法。

## 二、相關觀念

### (一)假設信念

假設即為說明或規則,是個人、團隊認同的信念;信念則是掌管個人或團隊的思考與行為模式的背後原因,因此本研究基本假設如下:

1.組織是成員思考與互動模式的產物,要改善組織,必須讓成員改變自己的思考與互動模式。因此,組織關心的焦點在於如何讓個人及團隊從「心」轉變,發揮潛能、

樂於工作，以達成組織目標。

2.21 世紀科技進步神速，劇烈的變化成為必然。未來傑出的企業要能因應快速改變且其成員皆能持續學習。如何使組織持續學習，發揮深層變革(profound change)效用，關鍵在於培養成員的領導力。

3.從組織學習角度看領導力，它是一種激發熱忱與潛能，帶領組織成員塑造未來的能力。領導與持續變革是一體兩面，強化領導力遂成為現今開發人力資源和組織發展的重要課題。

## (二)組織學習

1992 年《第五項修練》一書問世後，「學習型組織」與「五項修練」被視為最新的管理理論。該書之所以受到全球管理者的青睞，乃因作者彼得·聖吉(Peter M. Senge)指出，西方片段式的思考方式產生了切割的世界觀，也喪失了整體感，致破壞生態環境，人類生存面臨重大考驗；因而將焦點轉移到東方整體式的思考方式，並且建構了可依循的基礎架構藍圖，像北極星一般，為組織在邁向不確定且快速變化的未來航程中，發揮了指引作用。

組織學習大師阿吉里斯(Chris Argyris)及雪恩(Edgar Schein)認為組織學習是破除人際互動的習慣性防衛、從單環學習到雙環學習(圖 1)；臺灣推動組織學習大師楊碩英教授則認為，是思考什麼對組織是最重要的事，最重要事不在於專業上的學習(transactional learning)，而是蛻變式的學習(transformational learning)。

組織學習談的是從心態到行為的澈底蛻變，其目的是建立學習的觀念，有意義地

學習，使成員在工作中突破自己能力上限、活出生命的意義。組織之所以需要「學習」，是讓組織及其成員能改變原有思考方式並破除既有的假設信念(心智模式)，也是開發人力資源及發展組織精義所在。

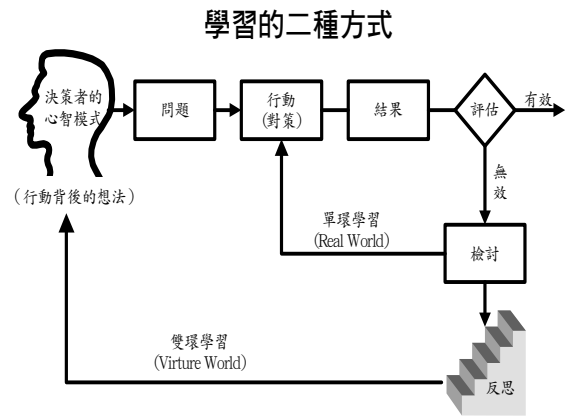


圖 1 單環及雙環學習圖

彼得·聖吉(Peter M. Senge)於《第五項修練》指出「只有透過個人學習，組織才能學習。雖然個人學習並不保證整個組織也在學習，但是沒有個人學習，組織學習便無從開始」。歸納學習型組織有五項技術、三項核心能力，析述如下：

- 1.系統思考的能力：能思考、形容及了解系統之間的因果關係，幫助我們看清如何才能有效的改變系統。
- 2.創造未來的能力：包括(1)自我超越(Personal Mastery)：學習如何創造自己真正想要的未來，在組織中培養自我實現的能力。(2)共同願景(Shared Vision)：是將個人願景整合為組織共同願望的引導原則，激起大家對共同願景的承諾與奉獻。
- 3.集體(匯談)學習的能力：包括(1)改善心智模式(Improving Mental Models)：學習發掘內心世界的圖像，並檢視內在圖像如何影響

我們的行為及決策。(2)團隊學習(Team Learning)：從「深度匯談」開始，使團隊成員攤開心中的假設，進入一起思考的能力，使團隊能夠獲得個人所無法獲得的洞察。

因此，當組織願意採取行動時，行動學習團隊可作為實踐的開始，因為行動學習團隊便是學習型組織的縮影。行動學習團隊運用聆聽、探詢、尊重成員等技巧，提供個人領域，給予成員思考、反思與分享的空間，不僅接納成功也承認錯誤，以期從兩者當中學習，培養成員的信心與自我覺察，並鼓勵組織全面民主化、扁平化、去層級、去獨裁，以上這些項目皆是學習型組織所需要的元素。

### (三)思惟模式的力量

思惟模式(paradigms)一詞來自希臘文 paradeigma，最初是一個科學術語，現在已成為普通用語，意思是指團體信念的集合體，包括感知、假說、理論、參考系統，或者是透過它來看世界的眼鏡。它並非一成不變，而是會產生動態的移轉，茲舉例說明如下：

尼古拉·哥白尼(15 世紀)提出日心說時，遭到打壓，天主教會在他死後將其著作《天體運行論》列為禁書；伽利略·伽利萊(17 世紀)改進天文觀測，支持哥白尼，卻受審訊而在監禁下度過餘生。受制於思惟模式，是非黑白的「真相」有時要千百年才明瞭。

物理學界牛頓(18 世紀)「靜者恆靜，動者恆動」的靜態世界觀，直到愛因斯坦(20 世紀)以「速度與時間是相對的」打破了牛頓維持二百多年的物理假設，從此進入到動態

的相對論時代。

再以藝術為例，歐洲傳統繪畫多在室內，用人工的照明營造光源(有電燈以後當然就使用燈光)。莫內(19 世紀)倡導戶外寫生，直接面對室外的自然光。他觀察黎明日出的畫作〈日出·印象〉(圖 2)被媒體記者嘲諷只會畫「印象」。「印象」一詞卻成為劃時代的名稱，誕生了以追逐光為職志的偉大畫派。



圖 2 莫內 1874 年〈日出·印象〉

資料來源：2010.8.20 聯副〈蔣勳 滅燭憐光滿〉

以上案例說明思惟模式與「心智模式」(mental models)內涵相同，就像一張城市地圖，若不準確，不論多麼努力尋找目的地、態度多麼積極主動，仍會迷路。組織學習的精義在此，它也是人力資源發展的核心所在。

### 三、研究動機及目標

回顧人類文明發展階段，由狩獵採集時代、農業時代、工業時代、知識時代，再到智慧型自動時代。科技發展極致，人類的挑戰不再是製造更多的硬體，反而是「人的體系」：人的思考、溝通、行為模式、生命的



意義，以及人與人之間各種複雜而微妙的互動關係等，才是 21 世紀猶待研究的新重點。

### (一)研究動機

北水處面臨內外環境的挑戰，外部則有溫室效應對氣候變遷的衝擊，如暴雨成災或缺水乾旱的極端現象成為常態；網際網路雲端科技進入我們的生活，使疆界消失、變化加速，造成高度不確定性。內部則面臨了人力老化及人力精簡的壓力，過去 5 年(2008~2012) 北水處員工人數由 1,123 人減為 1,067 人，減幅約 5.0%；平均年齡由 47.47 歲增長為 49.11 歲，增幅約 3.5%(圖 3)。因此，如何做好經驗傳承、開發人力資源、強化領導力及發展組織，勢須未雨綢繆預為因應。

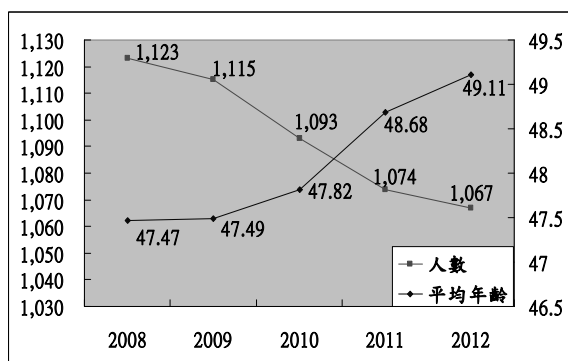


圖 3 水處職工人數及年齡別分佈圖

### (二)研究目標

組織學習的內涵是從心態到行為的澈底蛻變，其目的是建立學習的觀念，有意義地學習，使成員在工作中突破自己能力上限、活出生命的意義，恰與開發人力資源與發展組織的目的不謀而合。

本研究在於探討促進個人及團隊學習，進而帶動組織學習、開發人力資源及發展組織的有力工具－「行動學習」。目標如下：

1.成為學習型組織：科技發展，日新月異，未來最具優勢的組織，將是能快速應變的團隊。應變需要學習，學習是一個持續不斷的迴圈(圖 4)，包括關心、瞭解、行動、回饋，直到目標達成為止。



圖 4 學習循環圖

就個人而言，「學習」表示「精通自我改善的方法」。除非出於自己強烈的好奇心和興趣，否則不管用任何方式，人們都不可能真正的學習。組織學習則更看重認知層次的學習。透過反思，看清行動背後的假設，突破過去經驗的限制或過去成功的經驗，藉由改變看事情的角度，達到更深一層的雙環學習(前述圖 1)。

2.全面提升人的價值：組織成員在心態信念及知識技術均衡發展，才能全面發展成卓越人才。組織的領導者，會為成員創造適當環境，視成員能力與意願程度，採取不同的情境式領導(圖 5)，使成員茁壯成為人才。

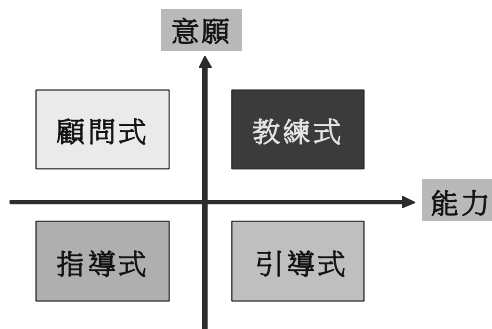


圖 5 情境式領導

領導者除了指導式技巧外，最好能學會教練式技巧。因為教練式技巧以人為本，能夠協助部屬「改變一個模式」而非僅止於指導式的「解決一個問題」，兩者差異在於教練式技巧是一勞永逸的解決問題，而指導式技巧偏重解決表層問題致問題重複發生。根據 Gallwey「教練式領導」之公式：績效＝潛力－干擾( $P=P-I$ , Performance=Potential－Interference)。藉教練式領導可協助成員探索需求，移除其行為、情緒及觀點的干擾，並在期待與渴望層次激發潛力，落實改變行動，才能有效提升成員的表現(圖 6)。

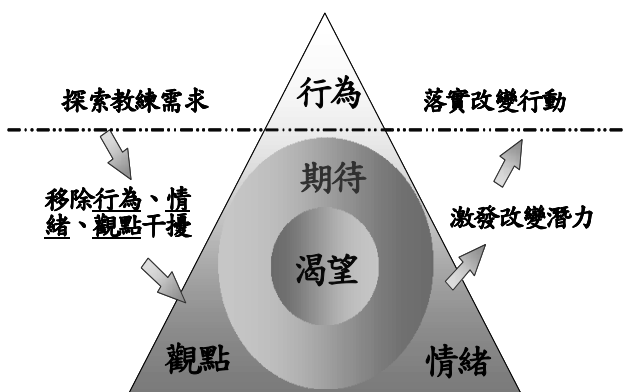


圖 6 教練式領導理論模型

#### 四、如何開發人力資源和促進組織發展

因資訊、電子科技進步神速，我們已進入全新的知識世紀。在知識社會中，企業透過員工的頭腦來創造附加價值。知識生產力的重要特徵為學習與工作是一體的，只有發展學習型組織才能真正提高企業的生命力。

學習型組織的概念，來自於「改變需要持續不斷的學習與重新學習」的體悟。這意味著組織本身是一個發展的過程，像有機體

般演化與成長。改變需要領導力支撐，行動學習則是開發人力資源和發展組織的有效工具。

#### (一)行動學習的核心要點與本質

行動學習(Action learning) 即在建構一個以學習為目標的背景環境，以組織面臨的重要問題作主體，並經過設計的團隊會議模式，由一小群人(4~8 人)定期聚會，針對實際工作中的問題、任務、項目等進行處理。不僅為了促進某一具體目標或個人的學習發展，更致力於推動組織變革，將組織全面轉化成「一個學習系統」，從而達到開發人力資源和發展學習型組織的目的。

行動學習有三大核心，其一為團隊會議的流程，其二為發展出來的行動計畫方案，讓個人、團隊、領導者及組織進行學習，產生變革機會。其運作的構成要素有以下六項(圖 7)：

- 1.問題：重要、急迫且需採取行動的專案或挑戰，以測試組織現有儲存的知識。
- 2.小組：人數限制在 4~8 人的團體，成員具有異質性，用來擴大視野與獲得新觀點。
- 3.提問：以發人深省的好提問來澄清問題的本質，經過反思的領悟而產生有價值的新學習，並找出可能的解決辦法及採取行動。
- 4.行動：除非行動已實踐，否則不能算是真正的學習，因此小組成員必須擁有採取行動的權力或確定其建議方案可被執行。
- 5.學習：在每一次會議中，成員必須把時間和精力花在找出個人、團隊和組織可學習的地方。
- 6.教練：可以是團體的成員或外部的參與者，協助成員傾聽、建構問題、相互回饋、

規劃與運作、反思何種假設可能形塑其信念與行動之外，尚包括協助成員專注於所要達到的成果、遇到的困難、經歷的過程及其意涵。



圖 7 行動學習 6 大要素關聯圖

究其本質，行動學習是建立在對團隊成員所積累經驗的激發和重新詮釋的行為上。團隊是指由相互平等的成員所組成，不是由某個主要負責人或導師帶領所組成的委員會。在進行過程中，提問和聆聽是重要的管理技巧，工作的重心將放在互相支持、相互促進和廣泛提問，並非簡單地各自提出觀點。

行動學習是通過努力觀察人們的實際行動，找出行動的動機和其行動可能產生的結果，從而達到認識自我的目的。它是一個過程，需要人們在思想上的根本改變；同時，因為身處其中的學習者可以藉此超越思想、行為、信仰的極限，把行為、信仰和價值觀統一起來，使個人的行為更具效力；所以，它是塑造企業文化、打造學習型組織和建立知識管理系統的關鍵！

## (二)行動學習特性與效益

許多組織在推廣組織學習時，易停留在「坐而言」的階段，或於在職訓練過程中忽

略「知」與「行」間的差異，更不用說「起而行」。

行動學習具有反思、行動、合作、主體及參與等特性，是以團隊成員為主體，以問題、專案或挑戰為議題，在教練的引導下，以提問方式，將結構化的深度對話滲透在「問題-反思-總結-計劃-行動-發現新問題-再反思」的迴圈過程。

它能夠協助案主解決問題，並使成員於過程中覺察思惟模式，及時將行動體驗上升到認識水平，並將新認知轉化為行動，繼而在行動中檢驗新認知，並產生新的學習體驗。過程中持續不斷地的學習，不僅創造學習文化，且系統地將知識轉換到組織內。茲分述其五大效益如下：(Marquardt, 2003)

- 1.解決問題：透過行動學習的歷程，讓小組尋找問題根源並採取行動，從宏觀和微觀的觀點反覆檢驗，俾共同找出採取行動的最佳時機及方案。
- 2.培養領袖：在行動學習中，參與者有機會成長為領導者，因為參與者針對問題提問及反思什麼是緊迫且重要的，由於自身既定的假設信念會不斷地面臨挑戰，故為組織培養全方位的領導者。
- 3.發展團隊：行動學習以持續的提問和分享式的學習，讓團隊變得更聰明、迅捷。小組成員共同承擔對問題的責任，在過程中會出現強有力的團隊合作和學習。
- 4.建立學習型組織：小組成員藉聆聽、提問、反思、行動及彼此的互動中，不斷學習和吸收知識。他們能迅速適應外部和內部環境的變化，並把知識轉移到組織的其他部門，使組織從經驗中獲益，故行動學習是

建立學習型組織最有效的方式。

5.提升專業技能：當問題和行動成為外部刺激時，行動學習提供了整合內部不協調的機會，我們會更清楚自己的盲點和弱點，並得到回饋和幫助。在行動學習中，個人的技能不斷被開發，包括：批判性反思能力、提問能力、系統思考、傾聽和自我覺察的能力、簡報和引導技能、適應和變革的能力及解決問題和選擇行動策略的技能。

### (三)具體方法

行動學習相信每個人的潛力無限；強調提問與反思，好的解決辦法蘊藏在好的提問中。提問顯現問題的真正本質，再經過反思激發創意後獲得解決。以公式  $L=P+Q+A+R$  表達(L = Learning, P = Programmed Knowledge, Q=Questioning, A=Action, R = Reflection)，意指它建立於一群人的知識和經驗 (P)，加上全新的提問 (Q)，產生行動或對話、想法及感覺 (A)，經過反思的領悟 (R)，而產生有價值的新學習(L)。行動學習運作方法如下：

#### 1.技法—外顯的運作模式

- (1)遵守基本原則：基本原則一：以提問為主。基本原則二：行動教練在會議程序中有權隨時介入。
- (2)設定團隊規範：團隊成員討論後設定願意共同遵守的規範，如保密、有效回饋，以確保互信。同時也訂定個人想要提升的領導力目標，會後檢視是否達成目標。
- (3)會議程序：藉由提問，所有成員在小組會議中，幫助案主(問題擁有者)澄清所遭遇的業務問題或者挑戰。而後案主訂出可能

方案解決該問題與挑戰，其他成員再以提問方式檢視該方案是否符合 SMART 原則：明確(Specific)、可衡量(Measurable)、具挑戰性(Aggressive)、實際(Realistic)、有期限(Timeframe)。最後主角訂定行動計畫並於下一次會議中評估行動結果。

#### 2.心法—內隱的技巧

行動學習實際運作中的角色有三種：問題陳述者(案主)、團隊成員及行動學習教練。進行方式以提問為主，能激發團隊思考及反省，進而啟發覺察，產生新發現或大突破。然而要問出好問題，必先學會積極聆聽。故聆聽、提問及反思是重要內隱技巧。

(1)積極聆聽(Active Listening)：人際溝通包含使用的文字、音調語氣及手勢、姿勢、臉部表情等身體語言(圖 8)。積極聆聽要能用心「聽」出這些訊息，才能溝通順暢，避免誤解。

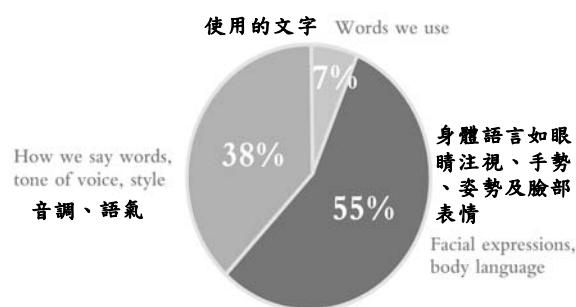


圖 8 人際溝通三要素

聆聽有不同層次。在第一層次，雖聽別人說話，但注意力在自己，我的想法、評斷、感覺、我對自己和別人的結論。積極聆聽則進入第二層次(圖 9)，放掉自己聚焦對方，聽出對方的理性，包括文字敘述、說出的事實及背後的觀點及價值觀；同時也能聽出對方的感性，包括語調等肢體語言、感受情緒及



內心的期待渴望。不僅注意到他說出來的，也注意到他沒有說出來的。你聽到他認為有價值的事，是什麼讓他有能量，又是什麼使他退縮。

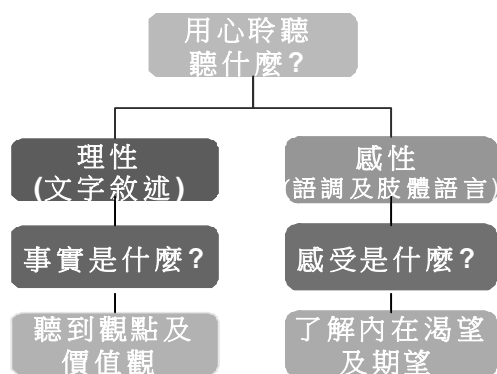


圖 9 聆聽層次圖

(2)肯定式探詢：(Appreciative Inquires)：問題好比程式，控制我們的行為和可能的結果。我們得到的結果，是由問題所驅動。例如，「如何弄到水？」是推動游牧民族逐水草而居的動力，而當問題改成：「如何讓水流到我們這裡？」新的問題就啟動了人類最重大的思惟模式轉移(paradigm shift)，人們不但因此引進了農業，最後還造就城市文明。

值得深思的是，如何問出幫助別人的好問題？好提問能挑戰對方的觀點信念、引起反思與探索、打開視野、激發行動。提問在行動學習中的效果包括：從多種角度確認問題，使問題明確化，進而提高對於解決問題的承諾。此外，能改善彼此關係，提升團結力，同時因易於接受新想法和知識，產生自我變革。

(3)反思(reflection)：思考的速度極快，從感觀接收資訊，到產生假設信念及採取行動，旁人只能看到原始的資訊及當事人最後

的行動，其內心推論過程是看不到的。組織理論大師阿吉里斯 (Chris Argyris)提出的「推論階梯」(ladder of inference)(圖 10)便是用來檢視思考過程，避免我們從觀察到的資料直接跳到結論，也可讓自己放慢腳步，思考一下為什麼我們會有這樣的結論與行為。反思有助於檢驗自己的假設與信念，釐清看世界的觀念或是錯誤經驗導致的偏頗立場。其效用在於改善思考品質提高學習力，並重新調整我們的認知，促進自主思考和行動力。

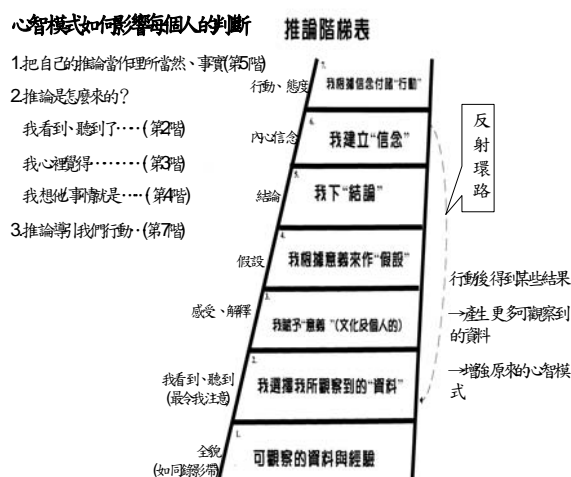


圖 10 推論階梯

#### (四)效益評估

運用行動學習法，如何評估其成效？就組織而言，如果組織的文化是行動導向，則要求可量化且具體的成效；反之在發展導向的組織，則要求員工個人發展和執行成效同等重要。例如提出領導能力進步或團隊工作改善或個人達成發展的目標。就個人而言，評估項目包括成員可以不同方式作判斷、更了解自己的動機、改變信念與價值觀、承認自己的感覺及感覺帶來的影響。茲分述其評

估方法如下：(Krystyna Weinstein, 1998)

1. 要求團員評估自己和互動學習團隊中的其他成員，並評估自己的「行動」結果與行為發展，同時再加上同儕對自己的評估。
2. 可要求團員的部屬、同事及主管對團員評估；團員的顧客或供應商也可提供意見。
3. 要求人事與訓練發展部門針對自己的觀察作評估，之後再評估團員的改變。
4. 要求團員寫報告，描述議題的實際成效；及反思文件，用來描述學員的學習歷程。
5. 要求團員對委託人以及其他利害關係人，包括高階主管們作報告。

## 五、案例研究

### (一)情境演練

#### 1.7 人研究小組

北水處 2010 年「應用組織學習精進管理」自行研究計畫案，探討組織學習的五項修練，並以實踐後撰寫成學習手冊為目標。期間因計畫進度不如預期，遂邀請行動學習教練分別於 8/19、8/31、9/9、9/17 輔導，期盼在短期間解決難題。

案主原定問題是「如何讓本論文小組的成果對組織、團體及個人有助益？」隨後小組成員反覆聚會，展開一系列澄清、重建問題，重建後的問題成為「如何定期聚會切磋論文內容達成預期目標？」接著按步驟確定目標、擬定策略、發展行動計畫及行動後反思，在教練引導下學習聆聽、探詢及反思技巧，直至於期限內完成研究計畫案為止。

#### 2. 自主學習小組

北水處擬定 2013~2015 年教育訓練中程計畫，為重視人力資源發展，於 2012 年 11 月組成 11 人自主學習小組，商請 ICFT(國際

教練聯盟臺灣總會)林秘書長輔導，每兩週聚會一次，共計 6 次，每次約 3 小時，採用行動學習法解決工作及生活中的問題。目的在於培養成員「協助自己及他人實現夢想」的能力，也就是具提問、創意及領導能力，進而在工作崗位發展行動團隊工作模式。

理論上，透過行動學習機制，團隊信賴感增加，成員坦誠相對，甚至願意暴露失敗、弱點及恐懼，不再防禦他人提問。但實際運作時，學員反映不知道如何提問，越學越困惑；甚至議題涉及案主隱私，卻被其他成員無心揭露，互信遭遇挑戰；衍生訂定團隊規範(保密、尊重、肯定及合作)，但仍有成員質疑。這些困惑、挫折，讓我們體認聆聽、提問及反思是行動學習的基礎，要先學會基本功，行動學習才有成效。

### (二)研究成果

在上述實踐過程中，真誠檢討反省，我們各有優缺點，也有成功及挫折，雖然離理想尚有距離，但已朝目標邁進一步，變革真的是一條漫漫長路，也因此更充分展現什麼是學習型組織以及行動學習如何運作。

經分析整理成員的感受及學習，茲就行動學習對個人、團隊與組織學習的影響，分述如下：

1. 對個人的影響：所有成員表示在行動學習中，個人可增加同理心、系統思考、反思及自我覺察的能力，並學習放下、心態更開放、無防衛心及勇於表達，以接受各種不同觀點，改善彼此關係，降低工作阻力。另外，將焦點放在問題，能得到豐富的學習，因當我們聽到、看到別人正在做的事，發現自己也有相同的行為模式，所以就同時處理自己與別人的議題，最後成員也學

會有效釐清業務問題並提出行動計畫，自信心及領導力大為提升。

- 2.對團隊的影響：所有的成員表示，強化聚焦主題的深度及廣度，可增進團隊互動與溝通。衝突正是聚焦的好機會，了解團隊規範的重要，團隊無職務階級高下之分，致向心力很強。每個人都能自由分享意見，彼此信任，獲得團隊支持；成員表示工作環境相當愉快、小組解決問題能力提升，勇於以創新方法解決問題。
- 3.對組織的影響：從行動學習建立學習型組織而言，本個案研究屬實驗性質，個人及團隊學習成果頗佳，但離帶動組織學仍有差距。由於一開始未獲高階長官支持，推動方式難以由上而下，只找到了個人修練的切入點，也就是從五項修練中，選擇自己最喜歡的一項開始實踐，直到產生效果，逐漸影響周遭的人。此外，也可從工作中的實際問題開始，找幾位夥伴應用行動學習工具，培養個人的學習力與領導力，進而發展團隊與組織。

## 六、結論與建議

### (一)結論

行動學習是一個精心設計的學習機制，依基本原則及特定流程，塑造一個尊重和正向的自主學習環境，將團隊帶領到未來。其運作方式可有效開發人力資源及促進組織發展。

行動學習以當前實際的問題或事件作為解決對象，除須獲高階主管承諾支持，並使用團隊互相支持方式，提出不同觀點，承認沒有絕對專家的說法，善於提問而非提供答案，有時幼稚的提問反而能揭示問題的本

質。該學習法可縮短由學習到應用的時間，將學習者的注意力集中於結果和過程，著眼於現在與未來、理論與實踐，可對團隊成員的表現及時反饋與評價，最終產生富有創意的解決方案。不僅是培養成員在工作中學習領導能力的過程，同時增加團隊凝聚力及學習能力，進而真正成就一個學習型組織。

行動學習正適合處理水處所面臨人力精簡及老化重要議題。如何提升員工競爭力，進而維持單位競爭力將是未來目標。本研究發現，行動學習為達成該目標的有效方法。因為，行動學習確實能使成員心態信念與知識技術均衡發展，並增進領導力，是開發人力資源及發展組織利器。茲就成員反映提升領導力之印證內容摘述如下：

- 1.同理心：如果我們只依賴自己的想法和假設，勢必要失敗；過去極少關心他人觀點，是行動學習讓我們改變，讓我們彼此傾聽，了解團隊如何有效地工作。我們將專注力放在共同目標，學習真誠尊重和面對真相。
- 2.自我管理：透過提問和反思，行動學習將職責、本份、權力賦予小組成員。我們對目標及行動都有高度承諾，學習時間管理、賦權、自我表達的技能及建立自信，使我們成為一個良好的學習者和領導者。
- 3.自我覺察：行動學習以理解和滿足問題陳述者(案主)的需要為主，對話的作用就像是一面「鏡子」，協助其清晰地「看見」自己思考的盲點或冰山底層的心智模式，逐步釐清困境、凝聚共識並導致案主採取具體的後續行動。
- 4.處理關係：學習型組織的基礎在於一群同

心的員工所形成的人際溝通網絡，而行動學習所形成的溝通網絡強而有力，可以用來分享、交換洞見與資訊，並在工作與個人經驗上互相給予協助與支持，以支持性的方式彼此提問、挑戰、回饋。

另外行動學習的困境，部分來自時間的壓縮；部分來自提問力道不足，致澄清議題受限；部分未將單次會議所發展行動連結到整體脈絡；也就是每次會議案主都要發展出行動，從實做中學習，才有意義。總之，我們會從別人身上學習，與別人一起學習，並且在此過程中改變自己與組織。

## (二)建議

行動學習可建立有效人際溝通平台，用來分享資訊。資訊可以在小組內順利流通，使所有員工擁有最新消息並共享同一願景。這樣的工作環境使員工願意付出更多，可提升了小組競爭力。

本案 7 人研究小組及自行研究小組於研習結束後，即回到原來工作崗位，在缺乏類似學習情境下，所學心法及技法將逐漸生疏。因此作以下建議：

選擇 1 至 2 個特定或重要、急迫且需採取行動的專案，成立 4 至 8 人行動學習小組，小規模辦理，藉定期集會從工作中學習，成效良好再複製成功經驗，帶動團隊學習，並提升成員領導力。

定期召集讀書會演練行動學習，以便建立互信的單位內部溝通平台，提供成員參與及貢獻機會，則員工會主動使用該平台回饋問題給主管。且只要使用行動學習概念，就可以激發員工主動發現業務問題，並且主動找尋最有效率的解決方案。

## 參考文獻

- 1.彼得·聖吉著，郭進隆、齊若蘭譯，第五項修練（全新增訂版）：學習型組織的藝術與實務，天下文化2010年出版。
- 2.彼得·聖吉著，齊若蘭譯，第五項修練Ⅱ實踐篇(上、下冊)：共創學習新經驗，天下文化1995年出版。
- 3.彼得·聖吉著，陳琇玲譯，第五項修練Ⅲ變革之舞（上、下冊），天下文化2001年出版。
- 4.彼得·聖吉，奧圖·夏默，約瑟夫·賈渥斯基，貝蒂蘇·佛勞爾絲著，修練的軌跡-引動潛能的U型理論，天下文化2006年出版。
- 5.麥克·馬奎德(2004)著，問題應該這樣解決，譯者鄭秀娟，臉譜2010出版。
- 6.麥克·馬奎德(2005)著，你會問問題嗎：問對問題是成功領導的第一步，譯者方吉人，臉譜2010出版。
- 7.史蒂芬·柯維著，殷文譯，第8個習慣從成功到卓越，天下文化2006出版。
- 8.Krystyna Weinstein(1998) 著，行動學習法，弘智文化2001出版。
- 9.王雪芳、蔡淑惠、陳世雄、蘇啟祥、朱凌芳、朱貴燕、溫莉惠，應用組織學習精進管理之研究，p.132~p.137，臺北自來水事業處2010。
- 10.蔡淑惠、王雪芳，提升領導力之研究-以臺北自來水事業處推動團隊學習為例，中華民國自來水協會第30屆自來水發表會。

## 作者簡介

### 王雪芳

現職：臺北自來水事業處專門委員

專長：企業內部教練、領導力教練、行政管理及規劃

### 蔡淑惠

現職：臺北自來水事業處三級管理師

專長：圖資研發與應用、溫泉營運管理、水表管理

# 圓形水池結構設計之研討

文/曾浩雄

## 一、前言

圓形水池最大之特點為池牆各任意垂直斷面在水壓作用下，所產生之應力均相同，因此從結構應力分析之觀點上，採用圓形水池應比同一容量之矩形水池較為經濟，故若其工程用地不受限制時，獨立個體之水池(例如淨水場內之會合井等)宜採用圓形設計之。

但圓形水池之設計較為複雜，原則上其設計原理與步驟，大都以美國波特蘭水泥協會(Portland Cement Association, P.C.A.)編著之「Circular Concrete Tanks Without Prestressing (無預力鋼筋混凝土圓形水池)」為藍本。該書完全符合美國鋼筋混凝土協會制定衛生工程構造物規範(ACI 350 R77)之規定。本文係根據台灣自來水公司前總經理陳榮藏先生所編著之「水池設計(二) ---無預力圓形鋼筋混凝土水池」<sup>[1]</sup>(以下簡稱書 1)乙書之內容，經做必要之修正(將混凝土之強度自  $fc'=210 \text{ kgf/cm}^2$  提升為  $245 \text{ kgf/cm}^2$ ，另外鋼筋混凝土之單位重量自  $2.5\text{T/cm}^3$  降為  $2.4\text{T/cm}^3$ )，並就其設計步驟，加以分析說明。

## 二、池牆應力之基本概念

### (一)環張力與收縮對池牆厚度之影響

1.圖 1a 為一塊含有一支鋼筋之混凝土，而在其他方面均無束制(Constraint)。若圖 1a 中之鋼筋暫予移除，成為圖 1b，此時混凝土將因溫度之變化而產生一段距離之收縮(假設為  $c$ )。此時若再加入鋼筋，它將會阻

止混凝土之收縮量，而使圖 1b 之混凝土塊變成如圖 1c 所示。在其長度上有  $xc$  之差 ( $x$  為未知數)。依虎克定律(Hook' S Law)，可得混凝土之應力  $f_{cs}=xc*E_c$ 。

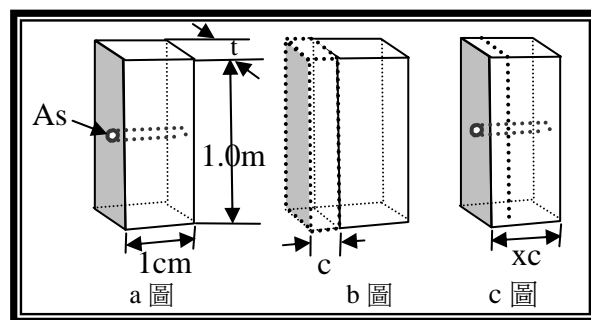


圖 1 池牆受環張力及收縮應力示意圖

- 2.設混凝土塊之高度為 1m(因池牆之環張力係以每 1m 高度計算)，長度為 1cm，牆厚  $t$  以公分計，鋼筋斷面積  $A_s$  以  $\text{cm}^2$  計， $p$  為鋼筋斷面積與混凝土斷面積之比值。
- 3.由圖 1c 與無力狀態之圖 1a 相比，可知其鋼筋縮短了  $(1-x)c$ 。同樣依虎克定律，鋼筋之壓應力  $f_{ss}=(1-x)c*E_s$ 。此時由於混凝土承受之張力等於鋼筋之壓力，因此  $f_{ss}=f_{cs}$ ， $(1-x)c*E_s=xc*E_c$ 。由此可導出混凝土之張應力等於鋼筋之壓應力如下：鋼筋之壓應力  $f_{ss} = C * E_s * (1 / (1+n))$ ；混凝土之張應力  $f_{cs} = C * E_c * (p / (1+n p))$ 。另由環張力引起之混凝土應力為  $T/A_c / (1+n p)$ ，故混凝土因環張力及鋼筋阻止其收縮之影響，而產生之總張應力  $f_{cs} = (C * E_s * A_s + T) / (A_c + n A_s)$ -----(1)
- 4.一般圓形水池之設計均假設環張力全部由環向鋼筋予以承受。因此，由環張力決定鋼筋所需要之面積  $A_s=T/f_s$ 。
- 5.設池牆厚度為  $t$ ，混凝土面積  $A_c=100\text{cm}^2$ ，

經代入(1)式並加以整理後，得  $t = (C * E_s * f_s - n * f_c) / (100 f_c + f_s) * T$ ------(2)

6.在混凝土之張應力不超過其容許應力下，上式可用以估算池牆之最小厚度。

**(二)材料容許應力**

- 1.一般混凝土之收縮係數  $c=0.0003$ ，鋼筋之彈性係數  $E_s=2.1*10^6 \text{ kg/cm}^2$ 。在  $f'_c=245 \text{ kgf/cm}^2$  及  $f'_s=2800\text{kgf/cm}^2$  時，可求得  $n=8.94$ ， $j=0.862$ ， $a=0.01207$ ， $K=19.58$ 。
- 2.混凝土之容許應力：抗壓  $f_c=110\text{kgf/cm}^2$ ，抗張  $f_{ct}=24.5\text{kgf/cm}^2$ ，抗剪  $f_{cs}=4.9\text{kgf/cm}^2$ ，牆版及基礎之抗剪  $v=9.0\text{kgf/cm}^2$ ，對鋼筋之握裹  $u=9.0\text{kgf/cm}^2$ 。設  $T$ =環張力  $\text{kg/m}$ 。由(2)式得  $t=(0.0003*2.1*10^6+1000-8.94*24.5)/(100*1000*24.5)*T=5.76*10^{-4} T$ 。

**三、池牆之設計(牆頂自由；牆底固定)**

**(一)池牆受力後之變形情形**

- 1.設池牆頂端為自由；底端為固定，池內蓄滿水，牆高  $H=6.0\text{m}$ ，水池內徑  $D=16\text{m}$ 。
- 2.池牆承受水壓(三角形荷重)後，其斷面變形之情形，詳如圖 2 之左。

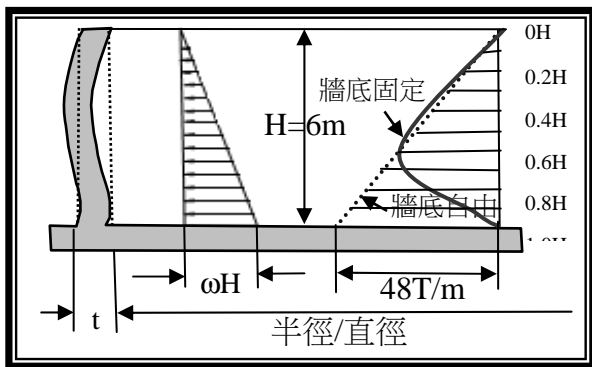


圖 2 池牆受力後斷面變形示意圖

3.為使池牆之剛度趨於整數，暫估牆厚為 25 cm。(其實依 ACI 350 規範之規定：池牆與水接觸面深度達 3m 以上者，其池牆之厚度不得小於 30cm)。則其剛度  $H^2/Dt=6^2/(16*$

$0.25)=9$ 。理論上，式中之  $D$  應以計算至牆心 (即 16.25m) 為準，此時實際之  $H^2/Dt=6^2/(0.25 *16.25)=8.9$ ，兩者相差無幾，可見影響不大，故直接採用其內徑亦無不可。

**(二)環張力之計算**

- 1.池牆承受之水壓力自頂端為  $0(\text{kg/cm}^2)$ 至牆底  $\omega H (\text{kg/cm}^2\text{m})$ 。同理，池牆承受之環張力自頂端  $0 (\text{kg/cm}^2)$ 至牆底  $\omega H * R(\text{kg/cm}^2)$ 。若將池牆自牆頂至牆底全高分為十等份，則每一等分之環張力  $=C\omega HR(\text{kg/cm}^2)$ ，式中之  $H$  為水深， $C$  稱為環張力係數，可自書 1 之表 I 查得。
- 2.當池牆之環張力係數可由表 I 查得之剛度 8 與剛度 9 之係數，再應用直接插入法求得(可獲足夠之準確度)。由上述原則求得之環張力係數為：自頂端之-0.011 至池深 0.9H 處之 0.165(詳如表 1)。正號表示受張力；負號表示受壓力。

表 1 池牆各段環張力係數表

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H
係數	-0.011	0.101	0.213	0.329	0.440
環張力	-0.53	4.85	10.22	15.80	21.12
距牆頂	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
係數	0.538	0.591	0.559	0.410	0.165
環張力	25.82	28.34	26.83	19.68	7.92

- 3.由表中之數據可求得池牆自頂端至牆底各段之環張力  $T$ =各該段環張力係數乘以  $\omega HR(\text{kg/cm}^2)$ 。由表 1 可知：牆頂受壓力；其餘均受張力，距牆頂 1.0H 處(牆底)之環張力=0。池牆各段之環張力同繪於圖 2。
- 4.由表 1 可知環張力以 0.6H 處之 28.34T/m 為最大。再由圖 2 之右，可知在 0.0H 至 0.6H 之間則與底端為自由端之環張力相差無

幾；但 0.6H 以下部分，則兩者之差異相當明顯，後者之最大環張力達 48T/m(發生在牆底)，約為前者之 1.7 倍。可知假設底端為固定似乎較為經濟，其實這種設計並不十分安全(容詳述於後)。

**(三)最大環鋼筋面積**

1.  $A_s = T_{max} / f_{st} = 28.34 * 1,000 / 1,000 = 28.34 \text{ cm}^2$ 。於牆之內外兩側使用 16mm  $\phi$  鋼筋@13cm，鋼筋實際面積 =  $1.896 * 100 / 13 * 2 = 30.5 \text{ cm}^2$ 。

**(四)池牆厚度之驗算**

1. 池牆承受之最大張應力(含收縮之影響)， $f_c = (C * E_s * A_s + T) / (A_c + n A_s)$ ， $f_c = (0.0003 * 2.1 * 10^6 * 30.5 + 28.34 * 1000) / (100 * 25 + 8.94 * 30.5) = 17.16 \text{ kgf/cm}^2 < 24.5 \text{ kgf/cm}^2$ ，OK。

2. 其中因混凝土收縮產生之部分，約為總張力之  $19246.5 / (19246.5 + 28,340) = 40.45\%$ 。由此可知建造池牆時，應盡量設法減少收縮量，以降低混凝土因收縮產生之總張力。

**(五)垂直向力矩之計算**

1. 池牆水平向每 1m 寬豎條因承受水壓所產生之力矩  $M = \omega H^3 = 1 * 6^3 = 216 \text{ T-m/m}$ ，池牆各段之垂直向力矩 =  $C \omega H^3 = C * 216 \text{ T-m/m}$ 。

2. 當  $H^2 / Dt = 9$  時，池牆各段之垂直向力矩係數可由書 1 之表 VII，查出剛度 8 與剛度 9 之係數，然後再以插入法求得，各段之力矩係數及力矩，詳如表 2。

3. 池牆各段之垂直向力矩繪如圖 3，正號表示外側受張力；負號表示內側受張力。池牆內側鋼筋面積  $A_s = M / ad = 2.9 / 0.01207 / (25 - 7.5) = 13.73 \text{ cm}^2$ 。採用 16mm  $\phi$  鋼筋@15cm。

表 2 池牆各段力矩表(係數\*10<sup>-3</sup>)

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H
係數	-0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	1.2
力矩	0.0	0.0	0.0	0.04	0.13	0.26
距牆頂	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H	---
係數	2.4	3.3	2.9	-1.7	-1.7	---
力矩	0.52	0.73	0.63	-0.37	-2.9	---

4. 由圖 3 可知在 0.88H 處之力矩=0，亦即反曲點之所在。理論

上該點乃為負鋼筋之斷點。依規範之規定，池牆內側負力矩鋼筋得在距底端  $(1 - 0.88)H + 12d$ ，或  $33d$  處截斷(取其較大者，d 為鋼筋

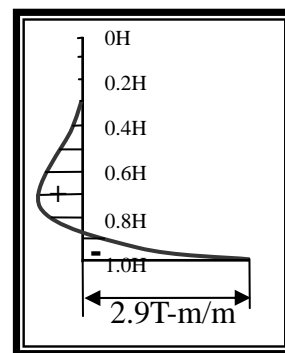


圖 3 垂直力矩圖

之直徑)。亦即至距牆底  $0.12 * 600 + 12 * 1.6 = 91.2 \text{ cm}$  處截斷，然後每三根截斷二根，僅留 1/3 鋼筋(即 16 mm @45 cm)延伸至牆頂端以備支撐內層環向鋼筋之用，並作為分隔水平鋼筋之用。池牆外側最大正力矩鋼筋面積  $A_s = 0.73 / 0.01207 / (25 - 7.5) = 3.46 \text{ cm}^2$ 。採用 16mm  $\phi$  鋼筋@45 cm。  $A_s = 4.40 \text{ cm}^2$ 。該等鋼筋兼做綁紮張力與水平鋼筋之用。

**(六)牆底端剪力之計算**

牆底端之剪力由表 VII 查得  $H^2 / Dt = 9$  時之剪力係數再乘以  $\omega H^2$ ，得剪力  $V = C \omega H^2 = 0.166 * 6^2 = 5.76 \text{ T/m}$ 。剪應力  $\nu = V / bjd = 5.67 * 1000 / (0.862 * 100 * 17.5) = 3.76 < 4.9 \text{ kgf/cm}^2$ ，OK。

**四、池牆之設計(牆頂自由；牆底鉸接)**

**(一)環張力之計算**

由書 1 之表 II 可查得池牆之剛度=9 時之

環張力係數，並算出各段之環張力 T (各該段環張力係數乘以 $\omega HR$ )，詳如表 3(表中最後一列之環張力係複述表 1，當牆頂自由；牆底固定時之數據，以利互相比較)。

表 3 池牆各段環張力表

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H
係數	-0.012	0.096	0.204	0.313	0.436
環張力	-0.58	4.61	9.80	15.02	20.94
<b>*環張力</b>	<b>-0.53</b>	<b>4.85</b>	<b>10.22</b>	<b>15.80</b>	<b>21.12</b>
距牆頂	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
係數	0.558	0.663	0.713	0.649	0.409
環張力	26.78	31.82	34.22	31.15	19.63
<b>*環張力</b>	<b>25.82</b>	<b>28.34</b>	<b>26.83</b>	<b>19.68</b>	<b>7.92</b>

## (二)池牆受力後之變形情形

- 圖 4 為頂端自由；底端鉸接之池牆承受水壓(三角形荷重)後，其斷面變形之情形。
- 依各段之環張力繪製成環張力曲線如圖 4 之右。

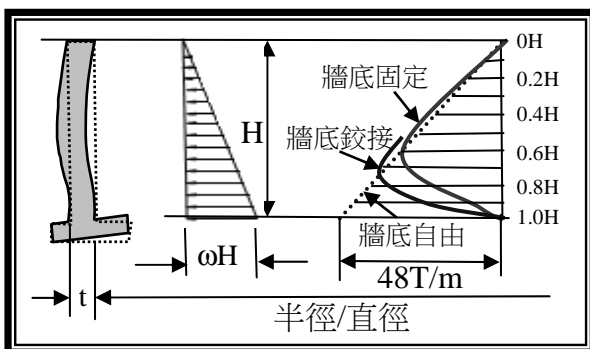


圖 4 池牆受力後斷面變形示意圖

- 由圖 4 可知於牆高一半(0.5H)以上部分，環張力之大小與底端固定者略為相等，可知在該部分底端之束制條件對環張力之影響很小；惟低於 0.5H 以下部分，「底端鉸接」與「底端固定」之差距越往下越大。鉸接

之最大環張力  $T_{max}=34.22T/m$ (發生於 0.7H 處)；較底端固定之最大環張力  $T_{max}=28.34T/m$ (發生於 0.6H 處)約大 21 %。由於池牆底端固定之條件幾乎不可能，而且底端鉸接之構造物受水壓變形後之結果呈向內彎曲現象，其垂直向之外側承受拉力，因此可能發生龜裂亦在外側，其水密性較高，故建議設計圓形水池時，為節省池牆環向鋼筋之設計，以假設牆底為鉸接較為適宜。

## (三)最大環鋼筋面積

- $A_s = T_{max} / f_{st} = 34.22 * 1,000 / 1,000 = 34.22 \text{ cm}^2$ 。
- 於 0.7H 處採用 16mm  $\phi$  鋼筋@12cm，排於牆之內外兩側，鋼筋實際面積=33 $\text{cm}^2$ 。0.7H 以上部分依環張力曲線決定鋼筋量，並分段酌增其間距；至於 0.7H 以下部分，除池牆底端連續於池底板，確定底端固定無徑向位移者，得依環張力曲線決定鋼筋量外，宜採用與 0.7H 處相同之鋼筋較為安全。

## (四)池牆厚度之核算

池牆承受之最大張應力(含收縮之影響)  
 $f_c = C * E_s * A_s + T / (A_c + nA_s) = (0.0003 * 2.1 * 10^6 * 33 + 34.22 * 1000) / (100 * 25 + 8.94 * 33) = 19.68 \text{ kgf/cm}^2 < 24.5 \text{ kgf/cm}^2$ ，OK。

## (五)垂直向力矩之計算

- 池牆各段之垂直向力矩= $C * 216T - m$ ，當  $H^2/Dt=9$  時，由書 1 之表 VIII 可查得池牆各段之垂直向力矩係數，詳列如表 4。
- 依各段之力矩繪製成垂直力矩曲線如圖 5。由圖可知牆底端為鉸接或固定，對於牆下部之垂直向力影響很大。鉸接之最大力矩為 1.08T-m/m 發生於池深 0.8H 及 0.9H 處，並使池牆外側產生張力，故該豎向鋼筋應排紮在池牆外側。

表 4 池牆各段力矩表(係數\*10<sup>-3</sup>)

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H
V III 係數	-0.0	0.0	0.0	-0.2	0	0.5
力矩	0.0	0.0	0.0	-0.04	0	0.11
<b>*力矩</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.04</b>	<b>0.13</b>	<b>0.26</b>
距牆頂	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H	---
V III 係數	1.6	3.2	5	5	0	---
力矩	0.35	0.69	1.08	1.08	0	---
<b>*力矩</b>	<b>0.52</b>	<b>0.73</b>	<b>0.63</b>	<b>-0.37</b>	<b>-2.9</b>	<b>---</b>

註：表中\*列之力矩係複述牆頂自由；牆底固定時之數據，以利互相比較。

3.外側豎需要鋼筋面

積  $A_s=1.08/(0.01207/175)=5.11\text{cm}^2$ 。採用 16mm  $\phi$  鋼筋@40cm。於高度一半或理論斷點加 12 倍鋼筋直徑處，每隔一根截斷；另一根

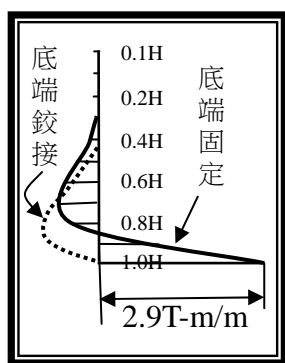


圖 5 各段之力矩圖

延伸至牆頂作為支撐環向鋼筋之用。

4.實際上牆底端之束制狀況介於圖 2 固定與圖 4 鉸接之間，而可能較為接近鉸接。又比較圖 5 更可見底端固定之最大力矩約為鉸接最大力矩之 2.6 倍，故假設牆底端為鉸接之設計可能減少垂直鋼筋之使用量，雖然環向鋼筋略增，但綜合觀之，底端鉸接之設計，可得比較保守又不浪費之結果。

五、池牆之設計(牆頂自由；牆底鉸接)

(一)造成梯形荷重之原因

若地下式水池其頂版上有覆土，或密閉式壓力水池，甚至水池進水管之高度閥失靈，因而造成進水量大於出水量者，其池內會承受額外內壓  $p$ ，假設  $p=0.21\text{kgf/cm}^2$ ，此時池內會因水壓與額外內壓成為梯形壓力

分佈，(如圖 6 所示)。

(二)池牆受力後之變形情形

上述水池所受之應力，一般均分別計算其三角形荷重分佈之應力與梯形荷重分佈之應力，再合成為最終應力。圖 6 為頂端自由；底端鉸接之池牆承受梯形荷重後其斷面變形之情形。

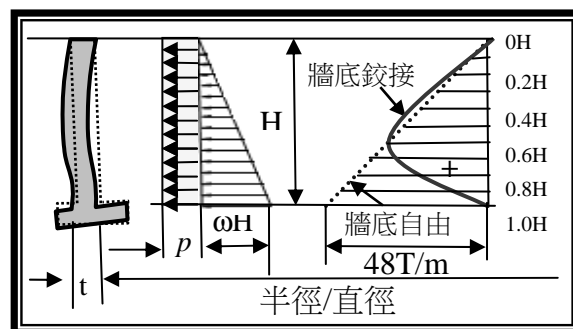


圖 6 池牆受力後斷面變形示意圖

(三)環張力之計算

估計牆厚為 38cm。則  $H^2/Dt=6^2/16/0.38=5.92$ ，以 6 計。由書 1 之表及 II 表 IV 可分別查得三角形荷重及梯形荷重之環張力係數。再分別乘以  $\omega HR$  及  $p r$  ( $r$  為水池半徑)，得其各段之環張力  $T$ ，其結果詳如表 5。

表 5 池牆各段環張力表

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H
係數(三)	-0.011	0.103	0.223	0.343	0.463
係數(梯)	0.989	1.008	1.023	1.043	1.063
環張力(三)	-0.53	4.94	10.70	16.46	22.22
環張力(梯)	16.81	17.05	17.39	17.73	18.07
環張力(合)	16.28	21.99	28.09	34.19	40.29
距牆頂	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
係數(三)	0.566	0.639	0.643	0.547	0.327
係數(梯)	1.066	1.039	0.943	0.747	0.427
環張力(三)	27.17	30.67	30.86	26.26	15.70
環張力(梯)	18.12	17.66	16.01	17.27	7.26
環張力(合)	45.29	48.33	46.87	38.96	22.96

#### (四)最大環鋼筋面積

1.  $A_s = T_{max} / f_{st} = 48.33 * 1,000 / 1,000 = 48.33 \text{ cm}^2$ 。
2. 於 0.7H 處採用 19mm  $\phi$  鋼筋@12cm，排於牆內外兩側，鋼筋實際面積=47.5 $\text{cm}^2$ 。0.6H 以上部分依環張力曲線決定鋼筋量，並分段酌增其間距。至於 0.6H 以下部分則不宜依圖 9 之曲線決定鋼筋量。一般可假定牆底為介於自由與鉸接之間，而採用 0.6 H 處之最大環張力鋼筋量並排紮至底端，如此即可得到安全且合乎經濟原則之設計。

#### (五)池牆厚度之核算

池牆承受之最大張應力(含收縮之影響)  
 $f_c = (0.0003 * 2.1 * 10^6 * 47.5 + 48.33 * 1000) / (100 * 38 + 8.94 * 47.5) = 15.21 \text{ kgf/cm}^2 < 24.5 \text{ kgf/cm}^2$ ，OK。

#### (六)牆頂端剪力之計算

由表 X II 查得  $H^2/Dt=6$  時之剪力係數，再乘以  $(\omega H^2 + p * H)$ ，可得牆底端之剪力  $V = 0.11 * (\omega H^2 + p * H) = 0.11 * (1 * 6^2 + 2.1 * 6) = 5.35 \text{ T/m}$ 。剪應力  $\nu = V / bjd = 5.35 * 1000 / (0.862 * 100 * 30.5) = 2.03 < 4.9 \text{ kgf/cm}^2$ ，OK。

#### (七)垂直向力矩之計算

1. 池牆各段之垂直向力矩 =  $C * (\omega H^2 + p * H) = C * (1 * 6^3 + 2.1 * 6^2) = C * 291.6$ 。當  $H^2/Dt = 6$  時，由書 1 之表 VIII 查得池牆各段之垂直向力矩係數，再乘以 291.6 T-m/m，結果詳如表 6。

表 6 池牆各段力矩表(係數\*10<sup>-3</sup>)

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H
V III 係數	-0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	1.9
力矩	0.0	0.0	0.0	0.06	0.23	0.55
距牆頂	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H	---
V III 係數	3.9	6.2	7.8	6.8	0	---
力矩	1.14	1.81	2.28	1.99	0	---

2. 依各段之力矩繪製成垂直力矩曲線如圖 7。最大力矩 2.28T-m/m，發生於池深 0.8H 處外側受張力。外側豎鋼筋面積  $A_s = 2.28 / 30.5 / 0.01207 = 6.19 \text{ cm}^2$ 。採用 16mm  $\phi$  鋼筋 @ 36 cm ( $A_s = 6.88 \text{ cm}^2$ )。所有鋼筋均應延伸至牆底及牆頂以

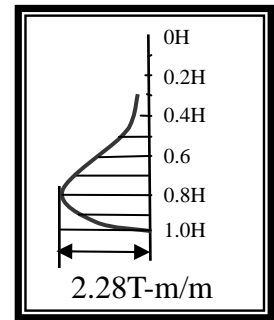


圖 7 各段力矩圖

利錨定。而於池深一半或達理論斷點加 12 倍鋼筋直徑後，每隔一根截斷；另一根延伸至牆頂作為支撐環向鋼筋之用。內側因理論上無負力矩，故不需豎鋼筋，僅採用 16mm  $\phi$  鋼筋@45cm 以抵抗溫度之變化，並作為內側環張力鋼筋之支撐及分隔水平鋼筋之用，其位置剛好與外側鋼筋間隔一根相對應。

### 六、牆頂端受剪力作用(梯形荷重)

1. 圖 8 所示，牆頂端可將鋼筋錨進頂版內，使頂端不能自由移動。如此頂端因被束制不致位移後，池牆頂端變成為鉸接而無法向外擴張。此時於 0.0H 處之環張力為零。
2. 由上節之計算，牆頂端可自由向外擴張時，0.0H 處之環張力為 16.28T/m。其作用相當於對池牆頂端加上一水平向內剪力 V，令池牆頂端產生一 16.28T/m 之環向張力以平衡之，並阻止牆頂端發生徑向位移。
3. 由作用在池牆頂端之剪力 V 所產生之牆頂端環張力，可由表 V 查得。當  $H^2/Dt=6$  時之環張力係數=-9.02(負值表示受環向受壓力)乘以  $VR/H$ ，計算所得之值適可平衡前述之環張力。

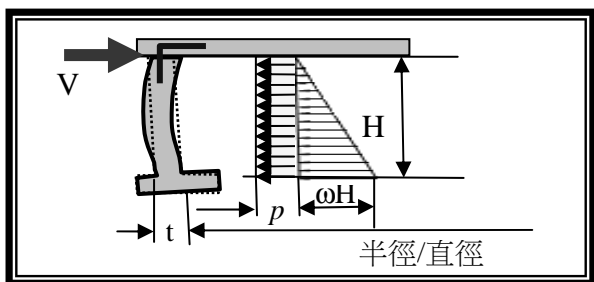


圖 8 池牆受力後斷面變形示意圖

4.由  $-9.02 \cdot V \cdot R/H = -16.28$ ，得  $V = 1.35T/m$ 。由於表 V 查得之環張力係數，係依據假設池牆底端為固定，惟觀察該表，可知當  $H^2/Dt > 2$  者，其  $0.6H$  以下之係數均甚小，不及頂端  $0.0H$  處之  $1/10$ ，又由前述各節之討論，可知底端束制之變化，對池牆上半部之影響甚微，故表 V 之係數應用於牆底端為鉸接者，仍可得到相當合理且準確之結果。

5.池牆垂直向之力矩可由書 1 之表 X 所查得之係數乘以  $V \cdot H = 1.38 \cdot 6 = 8.1T/m$ 。池牆各段之環張力及垂直向之力矩，詳列如表 7。

表 7 池牆各段之環張力及垂直向力矩表

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H
表 V 係數	-9.02	-5.17	-2.27	-0.50	.034	0.59
環張力	-16.28	-9.31	-4.09	-0.90	0.61	1.06
表 X 係數	0	0.062	0.070	0.056	0.036	0.018
力矩	0.0	0.50	0.57	0.45	0.29	0.15
距牆頂	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H	---
表 V 係數	0.53	0.35	0.17	0.01	0	
環張力	0.95	0.63	0.31	0.02	0	
表 X 係數	0.006	0.	-0.003	-0.005	-0.006	
力矩	0.05	0	-0.02	-0.04	-0.05	---

6.將表 7 所列之各段環張力及垂直向力矩繪成曲線如圖 9，並與圖 6 之右比較，可知

牆下部之值甚小，可予忽略。因此不論牆底端為固定或鉸接，剪力作用於牆頂端之結果，對池牆之環張力及垂直向力矩之影響均相接近。

7.若將上述環張力及力矩加上上一節所算得之值，並繪於圖 9 之右，則可見假設牆頂為自由時，在本情況下更令人滿意。因它對環張力可得更保守之設計，而又幾乎不影響力矩之設計。亦即頂版鉸定之剪力對池牆之環張力及力矩之影響甚小，可予忽略而以頂端為自由端設計之。

8.總之，由以上之分析，足見一般水池之設計，其頂版之剪力影響並不大，得予省略。而對深度較淺且直徑較大之水池，其  $H^2/Dt$  小於 2 者，由表 I 及 II 之係數可見牆頂端之環張力因  $H^2/Dt$  之漸小而相對的增加，此時頂版鉸定之影響應予考慮不得忽略。

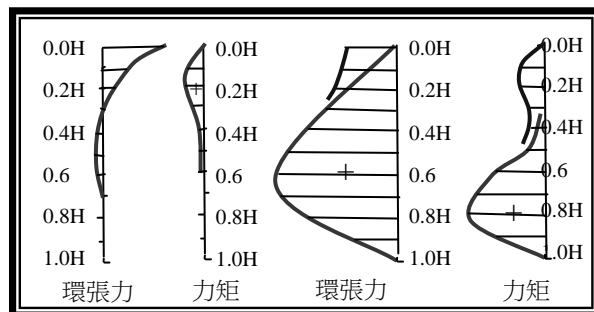


圖 9 池牆各段環張力及力矩示意圖

### 七、牆底端受剪力作用

1.圖 10 說明牆底端受一向外之水平剪力 V，而產生位移之情況。當牆底端鉸接時位移為 0，此時牆底端必因承受一向內剪力而產生環張力及力矩。在此情況表 7

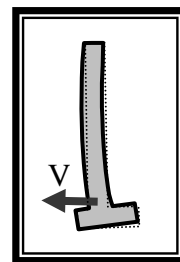


圖 10 池底受剪力圖

V 仍可使用。但要確定基礎能否保持無水平位移狀況，並提供足夠之剪力實在相當困難。除池牆連繫構築於底版之筏式底版外，多數情況幾乎都有可能產生徑向位移，而使牆底端之束制介於鉸接與自由之間。

2. 由於台水公司規定任何形式之水池其基礎均須採用筏式基礎，因此本節對圓形水池之結構設計並不重要，故恕不再詳述。

### 八、池牆頂端受力矩之作用

1. 當池牆頂端與頂版連續構築時，牆頂固定力矩將使牆頂端接點發生旋轉並於牆頂端產生力矩。設水池頂版上有覆土 1.2m 厚，其重量 =  $1.6 * 1.2 = 2.0$  T/m<sup>2</sup>。設頂版厚度為

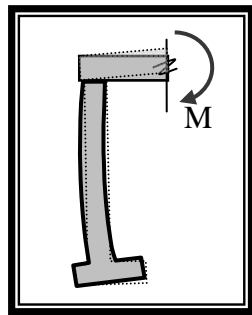


圖 11 池頂受力矩圖

25cm，其自重 =  $2.4 * 0.25 = 0.6$  T/m<sup>2</sup>。活載重以 0.5 T/m<sup>2</sup> 計。其單位總荷重 =  $3.10$  T/m<sup>2</sup>。

2. 圓形水池之頂版其周邊固定端之徑向力矩  $M_r = c * p R^2$ ， $p$  為頂版之單位荷重 =  $3.10$  T/m<sup>2</sup>， $R$  為半徑 =  $8$  m。若頂版中間有支柱，其柱冠之直徑  $C = 2.4$  m 時，則其  $C/D = 2.4/16 = 0.15$ ，由書 1 之表 X V I 可查得上式中之  $c$  值 =  $-0.047$ ，頂版周邊固定端之徑向力矩 =  $3.1 * -0.047 * 8.0^2 = -9.32$  T-m/m。

3. 實際上頂版接點並非絕對固定，故應依力矩分配原理，計算牆頂與頂版週邊之誘發力矩(分配力矩)。依力矩分配原理計算牆頂之誘發力矩時，須先求池牆與頂版之剛度。當  $H^2/Dt = 6$ ， $C/D = 0.15$  時，查表 X III 得牆之剛性係數 =  $0.783$ ，故其剛度 =  $0.783 *$

$t^3/H = 0.783 * 38^3/600 = 71.61$ ；頂版有中央支柱者，由表 X IV 查得剛性係數 =  $0.332$ ，故其剛度 =  $0.332 * t^2/R = 0.332 * 25^3/800 = 6.48$

4. 力矩分配係數為：牆 =  $71.61/(71.61+6.48) = 0.917$ ；底版 =  $6.48/(71.61+6.48) = 0.083$ 。

5. 由圖 12 之左，牆底端接點暫以人為方式固定之，則此時有兩個端點力矩作用於其上，而使端點向同一方向旋轉之趨勢，其一為由池牆因池內水壓產生之力矩；另一為頂版因頂版荷重產生之力矩。當此人為之束制移去後，牆頂端接點立即失去平衡而旋轉，使牆頂與頂版產生誘發力矩。

6. 池牆頂端為自由；頂端為固定時，牆頂端之垂直力矩 =  $0$ 。誘發力矩(常以分配力矩表示)係以「不平衡力矩」 $M = 0 - 9.32 = -9.32$  乘以分配係數而得，牆與頂版之誘發及最終力矩計算如表 8，並繪製如圖 12 所示。

表 8 力矩重新分配表

項 目	牆	頂版
分配係數	0.917	0.083
固定端力矩	0.0	-9.32
誘發力矩	8.55	0.77
最終力矩	8.55	-8.55

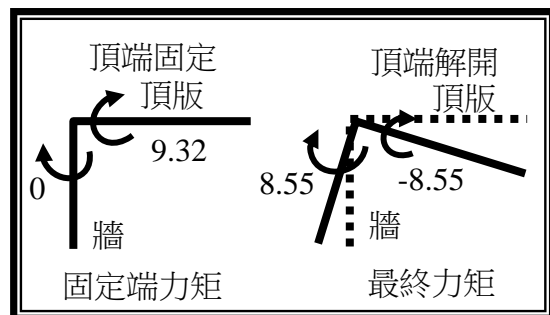


圖 12 牆與頂版之誘發力矩圖



7. 由於固定端力矩均為負號(均為同一方向), 因此計算所得之誘發力矩應由負號變為正號。將書 1 之表 VI 及表 X I 所列之係數引用於本節, 雖然池牆之一端受力矩; 另一端為自由端, 但由前節之討論, 可引證該等表若用於另一端為鉸接或固定時, 亦可得滿意之準確性。當  $H^2/Dt=6$  時, 環張力可由表 VI 之係數, 再乘以  $MR/H^2=8.55*8/6^2= 1.90$ ; 力矩則可由表 X I 之係數乘以  $M= 8.55$ 。環張力及力矩係數, 詳列如表 9。

表 9 池牆各之環張力及垂直向力矩表

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H
表VI係數	0	11.41	13.08	10.28	6.54	3.34
環張力	0.00	21.68	24.85	19.53	12.43	6.35
表XI係數	1.0	0.572	0.252	0.057	-0.037	-0.065
力矩	8.55	4.89	2.15	0.49	-0.32	-0.56
距牆頂	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H	---
表VI係數	1.21	-0.05	-0.59	-0.86	-1.04	---
環張力	2.30	-0.10	-1.12	-1.63	1.98	---
表XI係數	-0.058	-0.040	-0.018	-0.005	0	
力矩	-0.50	-0.34	-0.15	-0.04	0.00	---

8. 將表 9 各點之環張力及力矩繪成圖 13 之環張力及力矩曲線圖, 由圖可知環張力及力矩在池牆下半部其值均甚小, 池牆頂端力矩之作用對池牆產生之影響, 會如此迅速減小之原因, 乃因池牆環向元素發揮有力阻滯效應所致。

9. 若將表 9 與上述第五節之(二)所求得表 5 之數據相加(如表 10), 即成為水池承受梯形分佈荷重時之環張力及力矩。表 10 各點之環張力及力矩繪成曲線如圖 14。

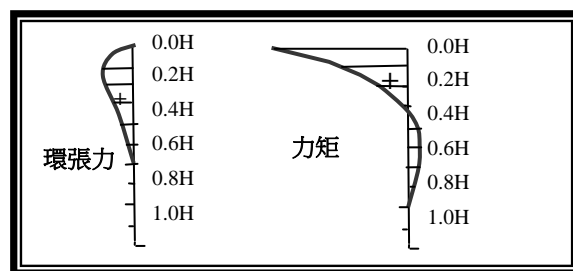


圖 13 池牆各段環張力及力矩示意圖

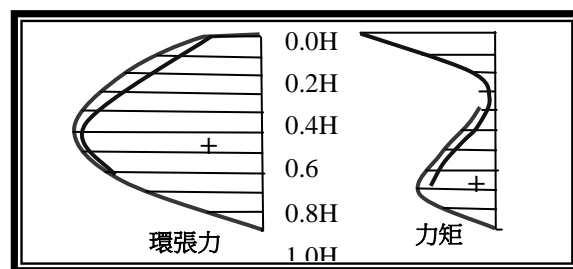


圖 14 池牆各段環張力及力矩示意圖

表 10 池牆各段之環張力及垂直向力矩表

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H	0.5H
五之(二)環張力	16.28	21.99	28.09	34.19	40.29	45.29
本節環張力	0	7.89	9.03	7.09	4.51	2.30
總環張力	16.28	29.88	37.12	41.28	44.80	47.59
第七節之力矩	0.0	0.0	0.0	0.06	0.23	0.55
力矩(本節)	3.10	1.77	0.78	0.18	-0.11	-0.20
總力矩	3.106	1.77	0.782	0.24	0.12	0.35
距牆頂	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H	1.0H	---
五之(二)環張力	48.33	46.87	38.96	22.96	0	
本節環張力	0.83	-0.03	-0.41	-0.59	0.72	---
總環張力	49.16	46.84	38.55	22.40	0.72	---
第七節之力矩	1.14	1.81	2.28	1.99	0	---
力矩(本節)	-0.18	-0.12	-0.06	-0.02	0	---
總力矩	0.96	1.69	2.22	1.97	0	---

註：上所示第七節之力矩係借用書 1 所算得之數據。

## 九、牆底端受力矩之作用

### (一)牆底端之力矩

1. 當池牆底端連續構築於筏式基礎上, 則筏式基礎會在外力之作用下, 對池牆底端抗彎曲力矩之能力不但沒減少, 反而會增加池牆向內彎曲之力矩。

2. 當  $H^2/Dt=6^2/16/0.38=5.92$ ，採用 6 時，池牆底端之垂直向力矩係數可由書 1 之表 VII 查得  $C=-0.0187$ ，當水深=5.7m，其力矩  $M=-0.0187*1*5.7^3=-3.46T\cdot m/m$ 。
3. 圓形水池之筏式基礎其周邊固定端徑向力矩  $M_r=C*pR^2$ ， $p$  為土壤淨反力， $R$  為半徑=8m。中間無支柱者，其  $C$  值可由書 1 之表 XV(15) 查得  $C=-0.125$ 。
4. 假設水池頂版上有覆土 1.2m 厚，土壤單位重量為  $1.6 T/m^3$ ，則其重量= $1.6*3.14/4*16.76^2*1.2=423.37$ 。假設頂版厚度為 25 cm，活載重以  $0.5T/m^2$  計，兩者之重量= $(2.4*0.25+0.5)*3.14/4*16.76^2=243T$ ，池牆自重= $2.4*3.14/4*(16.76^2-6^2)*6=281T$ ，一般計算土壤淨反力均不計其上方之水重(將土壤之反力與水重視為上下相抵，故略而不計)，在此原則之下底版之總荷重= $947.37T$ ；其單位總荷重  $p=947.37/[3.14*(16+0.38*2+0.3*2)^2/4]=4.0T/m^2$ 。
5. 其實底版之總面積與池內滿水之面積並不相等，故上述計算所得之單位荷重與實際情形會略有出入。因為若加計滿水重後所求得之單位荷重= $4.0+[(1*6*3.14/4*(16^2)]/(3.14*17.30^2/4)=9.14T/m^2$ ，在計算筏式基礎力矩時，其土壤淨反力= $(9.14-6)=3.14 T/m^2$ ，而非  $4.0T/m^2$ ，正確之周邊固定端徑向力矩= $-0.125*(9.14-6)*8^2=-25.12$ ；而非  $-0.125*4*8^2=32T\cdot m/m$ ；但在計算底版突緣之最大(池牆外側)之徑向力矩時，其土壤淨反力= $9.14T/m^2$ ，而非  $4.0T/m^2$ ，此時之最大徑向力矩= $9.14*0.3^2/2=0.41T\cdot m/m$ ；而非  $4*0.3^2/2=0.18T\cdot m/m$ 。可見一般計算方式對求底版突緣之力矩時，其土壤淨反力略顯偏低，屬於不安全。

6. 依力矩分配原理計算牆底之誘發力矩時，須先計算牆底與底版之剛度。當  $H^2/Dt=6$  時，查表 X III 得牆之剛性係數=0.783，故其剛度= $0.783*t^3/H=0.783*38^3/600=71.6$ ；底版之剛性係數查表 X IV 得：無中央支柱者  $C=0.104$ ，故其剛度= $0.104*t^3/R=0.104*40^3/800=8.32$ ，(台水公司規定水池底版必需採用筏式基礎，而且其厚度  $t$  不得少於 40 公分)。
7. 力矩分配係數：牆= $71.6/(71.6+8.32)=0.896$ ；底版= $8.32/(71.6+8.32)=0.104$ 。
8. 誘發力矩係以「不平衡力矩」 $M=3.46+9.52=12.98$  乘以分配係數而得。此誘發力矩加上原有固端力矩之和即為最終力矩。牆底與底版之誘發力矩計算如表 11。
9. 牆底端接點之旋轉與隨之而產生之分配力矩顯示：底版之端點力矩由 -9.52 變為 -8.27；而牆之端點力矩由 -3.46 變為 8.27。

表 11 力矩重新分配表

項 目	牆	底版
分配係數	0.90	0.10
固定端力矩	-3.46	-9.52
誘發力矩	11.63	1.35
最終力矩	8.27	-8.27

10. 可見牆底與底版之最終力矩，其大小相等方向相反，如圖 15 之右所示。
11. 其結果顯示實際之情況並不介於固定與鉸接之間，而是遠超過牆底端為鉸接之假設。牆底端三種束制情況之變化與其力矩繪如圖 16。圖中曲線之值(撓度/變形)與垂直線間之距離，代表環張力之大小，以實際發生情形為最大，故顯然依鉸接或固定之假設而設計之環鋼筋並不安全。

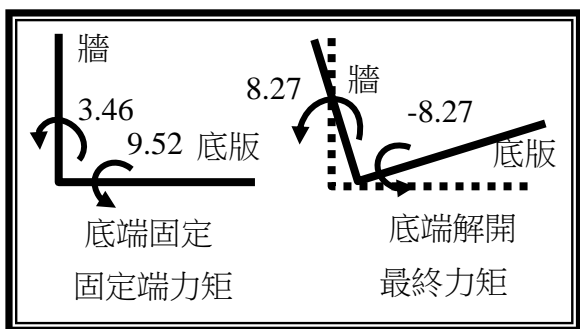


圖 15 牆與底版之誘發力矩圖

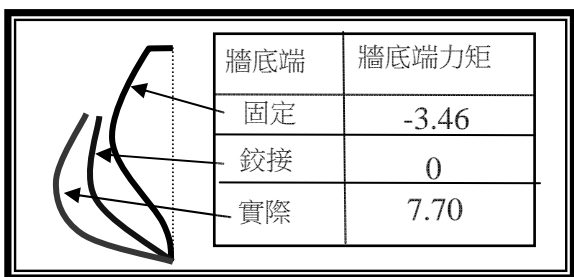


圖 16 牆底端三種束制情況之力矩圖

(二)牆之設計

1.在此情形下，牆之設計分為兩階段：(1)先假設牆底端為固定，然後再於牆底作用一誘發力矩 11.16 T-m/m。(2)將以上所求得之結果相加。當  $H^2/Dt=6$  時，查表 I 得牆之環張力係數，乘以  $\omega HR=48T/m$ ，加上依  $H^2/Dt=6$  查表 VI 所得之係數，乘以  $MR/H^2=1 * 11.16 * 8/6^2 = 2.48T/m$ ，兩者之和即為實際之總環張力，詳如表 12。垂直力矩可由表 VII 之力矩係數乘以  $\omega H^2 = 216T-m/m$ ，加上依  $H^2/Dt=6$  查表 X I 所得之係數，乘以  $M=11.16T-m/m$ ，兩者之和即為實際之總力矩。

4.若牆底端為固定時，最大環張力僅為 24.67 T/m(發生在 0.6H 處)，但實際上加上底端力矩之影響後高達 46.95 T/m，約增加 90.31%；實際上牆底端之力矩加上底端力矩之影響後，亦由 24.67T/m(張力發生於內側)增加到 46.95T/m(張力發生於外側)，顯然牆

與版之連續性實質上影響池牆之環張力及力矩相當大，設計時應予考慮。牆底為固定與實際情況之環張力及力矩曲線繪如圖 17。

表 12 池牆各段之環張力表

距牆頂	0.0H	0.1H	0.2H	0.3H	0.4H
表 I 係數	0.018	0.119	0.234	0.344	0.441
表 VI 係數	-1.04	-0.86	-0.59	-0.05	1.21
環張力(三)	0.86	5.71	11.23	16.51	21.17
環張力(誘)	-2.58	-2.13	-1.46	-0.12	3.00
環張力(合)	-1.72	3.58	9.77	16.39	24.17
距牆頂	0.5H	0.6H	0.7H	0.8H	0.9H
表 I 係數	0.504	0.514	0.447	0.301	0.112
表 VI 係數	3.34	6.54	10.28	13.08	11.41
環張力(三)	24.19	<b>24.67</b>	21.46	14.45	5.38
環張力(誘)	8.28	16.22	25.49	32.44	28.30
環張力(合)	32.47	40.89	<b>46.95</b>	46.89	33.68

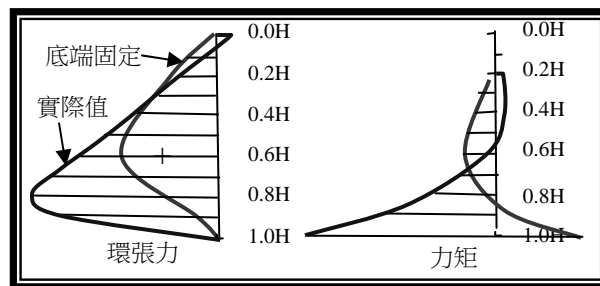


圖 17 池牆各段環張力及力矩示意圖

5.牆底端固定時之剪力可由表 X II 之係數乘以  $\omega H^2=36T/m$ (三角形荷重)牆底端固定時之剪力= $0.197 * 36 = 7.09T/m$ ；另  $M/H=11.16 / 6=1.86T/m$ (底端之力矩)，力矩作用於牆底端之剪力= $-4.49 * 1.86=8.35T/m$ ，以上兩者之和即為其實際之剪力。合計= $-15.44T/m$ (牆底端固定解開)。實際之剪力= $7.09-15.44 = -8.35T/m$ 。

6.若牆厚為 38cm， $A_s=47.5\text{cm}^2$ ，則混凝土單位張應力  $f_c=(0.0003*2.1*10^6*47.5+46950)/(100*38+8.94*47.5)=18.2<24.5\text{ kg/cm}^2$ ，OK

## 十、結論與建議

### (一)牆高與最高水位視為同高

圓形水池之構造主要是由基礎、池牆及頂版(有蓋者)所構成，其構造雖然非常簡單，但因承受水壓及土壓後，其應力之分析則非常複雜，而且很難算出完全精確之數據。因此不論池牆所承受之環張力、垂直力矩及剪力，目前最接近實際值之計算法，均以其各單元之剛性( $H^2/Dt$ )為前提，將池牆高度與水池之最高水位視為同高(其實水池之最高水位尚有出水高 30cm~60cm 之差距)，再據以查表，決定其各項應力之係數，進而求得其環張力、垂直力矩及剪力之近似值。

### (二)池底與池牆設計之考量

1.若水池建於地面下，且有受地下水浮力之可能者，更必須採用筏式基版，並將池牆連續構築於底版上。此類水池之設計，可假設頂端自由；底端鉸接，進而計算池牆之環張力與垂直力矩，再仿照上述第九節之設計步驟，加入池牆底端承受力矩之影響而產生誘發力矩，最後再求其對池牆環張力與垂直力矩之影響。

2.因池牆連續構築於底版，池底有足夠之剛性以阻止池牆底端產生徑向位移，故池牆之環向鋼筋可不必考慮底端產生徑向位移之影響。此與上述第三節「牆頂自由；牆底固定(三角形荷重)之(二)環張力之計算」說明不同。池牆各段深度之環鋼筋，可全部按環張力合成力之大小決定其需要量。

### (三)底版固定端力矩對池牆應力之影響

無蓋版之水池其池牆底因固定端受力

矩之影響而誘發之端點力矩，對池牆環張力與垂直力矩之增加量，比頂版力矩之影響還大(環張力可能增加一倍)；底端力矩更由負值(內側受拉)變為正值(外側受拉)，設計時絕對不可忽略。

### (四)有蓋版之池牆設計

有蓋版之水池其池牆連續構築於頂版者。除照上述第四節「牆頂自由牆底鉸接(三角形荷重)」之說明辦理外，並應加入上述第八節「池牆頂端受力矩之作用」所提及頂版固定力矩之影響。

### (五)水池底版下土壤之淨反力

一般計算土壤之淨反力(向上推力)時，底版上部之荷重都將池內裝水之寬度視與底版同寬，故不計滿水及底版之重量(土壤之反力與水及底版重上下相抵)。其實兩者至少相差兩邊池牆之厚度(若設有底版突緣者其相差更大)。如此假設在計算池內之力矩時，其所得之值會比實際發生大；而在計算池外內突緣之力矩時，其值會比實際發生小。故建議計算土壤之淨反力時仍以計入水重，再據以分別計算池底端點及外突緣之力矩。

## 參考文獻

- 1.水池設計(二)---無預力圓形鋼筋混凝土水池：陳榮藏，台灣自來水公司員工訓練所編印，1985年12月。

## 作者簡介

### 曾浩雄先生

現職：尚潔環境工程有限公司技師

專長：自來水工程規劃、設計及施工

# 法國 Morsang-sur-Seine 高級淨水處理場參訪心得

文/林正隆、黃聖然

## 一、前言

因全球暖化氣候變遷影響，造成降雨時空錯亂、水資源分配不均、極端氣候現象及人為污染，常導致自來水原水發生高濁度、高藻類、高總有機碳(TOC)及臭味等水質異常問題；另環保署為強化飲用水水質管理，進一步提升飲用水品質，於今(103)年修正發布飲用水水質標準，增列鋁及部分新興污染物管制標準，傳統自來水淨水處理及操作技術已逐漸面臨嚴峻的挑戰，如何提升淨水處理技術，已為當前台灣自來水產業重要的課題。

台灣自來水公司（以下簡稱台水公司）經由經濟部台法技術合作人員訓練計畫，於 101 年及 103 年派員前往法國參訪其先進的水處理技術，其中總部位於法國巴黎的蘇伊士環境（Suez Environment）公司為世界最頂尖的水務公司之一，旗下的 Degremont 公司，創始於 19 世紀為一國際有名的專業水處理公司，擁有許多先進的水處理設備及實廠興建經驗，其設備及經驗也陸續被引進國內，如 2003 年澄清湖高級淨水處理場即由中宇公司與 Degremont 公司技術合作，另國內淨水場使用的脈動式膠沉池、ABW 快濾池及 Aquazur 快濾池等，也為國內所熟悉。

位於法國巴黎南部的 Morsang-sur-Seine 高級淨水處理場，係由 Degremont 公司興建與操作管理，原水取自塞納河，原水水質有農藥的污染、春天及秋天落葉導致的有機物

過高、夏天的藻類、硝酸鹽及鋁等問題，在問題的遭遇及使用的處理技術及設備與國內高級處理場如澄清湖及鳳山場等較為類似；該場所採用的處理技術，係以聚氯化鋁搭配硫酸去除鋁的問題、添加粉狀活性碳去除高有機碳問題、並利用臭氧、活性碳及 UV 等高級處理設備來優化其水質，從該場的設計及水處理技術與經驗，相信很值得國內汲取其優點，所以將至該廠參訪學習的心得進行整理，供國內自來水事業參考<sup>[1,2]</sup>。

## 二、Morsang 高級淨水處理場簡介

### (一)水廠規劃與處理流程

Morsang-sur-Seine 高級淨水場位於巴黎南方近郊約 50 公里緊臨賽納河旁（約 300m），初建於 1970 年，佔地 20 公頃，由蘇伊士環境旗下之里昂水務（Lyonnais des Eaux）負責營運管理，並由委由同樣為蘇伊士環境旗下之 Degremont 公司設計施工興建並負責後續營運操作。

塞納河是大巴黎地區生產飲用水主要水源，Morsang-Sur-Seine 淨水場在大巴黎南部地區為一座相當具有指標性的高級淨水處理場，該場分三期設置每期容量均為 7.5 萬 CMD，正常出水能力為 22.5 萬 CMD，若連續操作 24 小時則最大出水能力可達 45 萬 CMD<sup>[3,4]</sup>，可供應南巴黎 50 萬人飲用。其各期的淨水設備以美麗的三角星形配置，由空中鳥瞰非常漂亮，配合優美的環境讓人彷彿置身於公園中（如圖 1、2）。

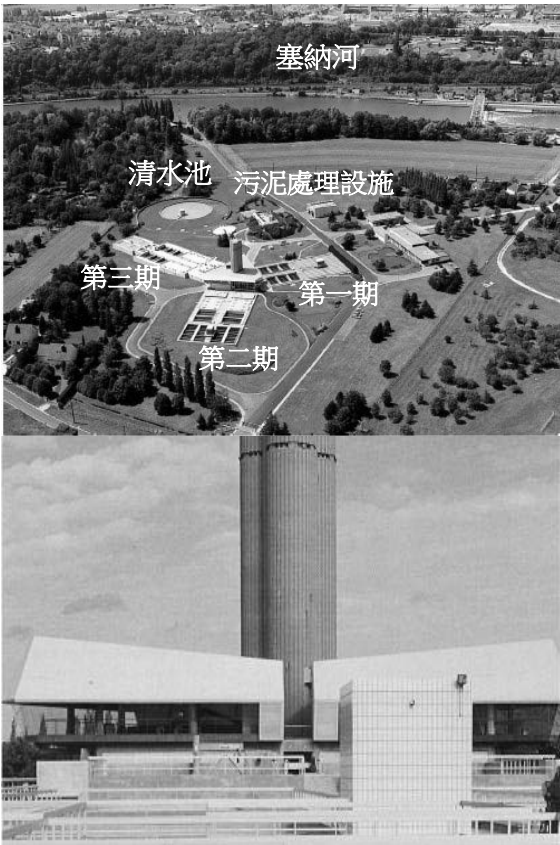


圖 1 Morsang-Sur-Seine 淨水場



圖 2 淨水場環境相當優美

在大巴黎南部約 100 萬人口（145 行政區），所需的自來水由六個水廠經由 3,848 公里管線供應，必要時亦可經由管網閘栓調節支援巴黎市用水(如圖 3)<sup>(1,3)</sup>。其中三個較大的水廠分別為 Morsang 淨水場、Viry-Chatillon

及 Vigneux 淨水場（10 萬及 5.5 萬 CMD，原水亦取自塞納河），六大水廠供水均可互相聯合運用，但各自獨立運轉及操作，總計設計產水量達 45 萬 CMD，然實際上平均供水量約為 20 萬 CMD，有當大的餘裕量，其中 Morsang 淨水場平均每天供水 10 萬 CMD，該場產水尚有餘裕約 1.2 倍（約 12.5 萬），所以可以很從容的進行設備維護，每期每年均有 1 個月的停機檢修期（維護保養期間）。

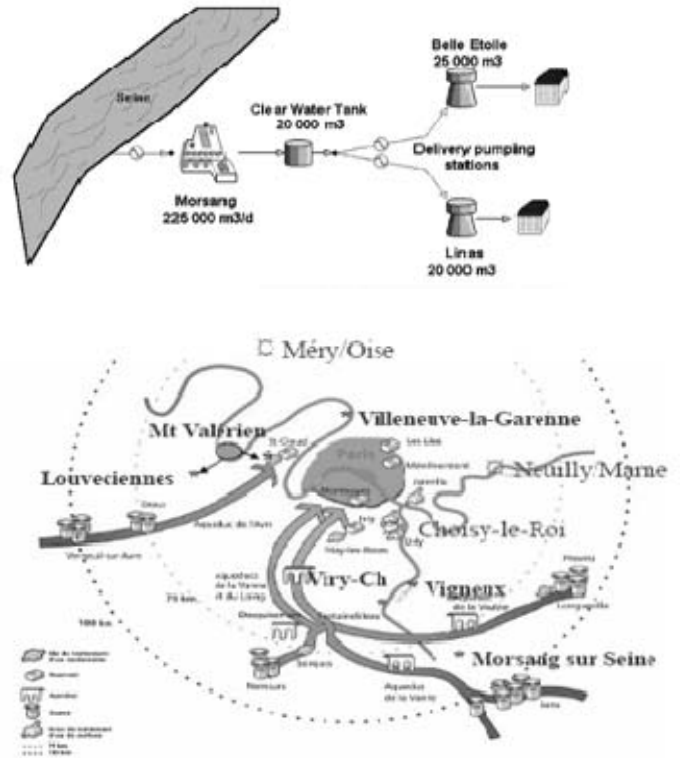


圖 3 Morsang Sur Seine 淨水場供水示意圖

## (二)處理流程

Morsang 淨水場（以下簡稱該場）處理流程非常的場內嚴謹，設備也相當先進，其處理流程於距水廠 4 公里前的原水抽水站取水，經粗篩（2.5mm）及細篩（1mm）後，抽送至場內，途中經預臭氧處理，再送至廠內中央控制中心（塔）進行水各期水量分配及藥劑添加（如混凝劑、酸鹼的調整、粉狀活性

碳等)。該場分為三期興建，但共同擁有一座中央控制中心（塔）如圖 4，部分重要的設施如臭氧發生器亦設置於此處。



圖 4 淨水場的進流中央控制中心

在場內其各流程的處理技術包括預臭氧、高速沉澱池（Pulsator、Superpulsator、Densadeg）、第一段顆粒活性炭濾床、後臭氧、第二段顆粒活性炭床及最新的 UV 單元等，最後再由 2 萬 CMD 的清水池加壓供水。而預臭氧目的，主要是去除原水中的臭味及顏色，進入中央控制塔後，再分為三期處理，各期處理流程如下（詳如圖 5）：

第一期設立於 1970 年，處理能力 7.5 萬 CMD，處理流程為：脈動式沉澱池 Pulsator → 第一段顆粒活性炭過濾床 → 臭氧處理 → 第二段顆粒活性炭床 → UV。

第二期於 1975 年進行擴建，再增加 7.5 萬 CMD，其處理流程為：Superpulsator settler 脈動式污泥毯沉澱池 → 第一段顆粒活性炭過濾床 → 臭氧處理 → 第二段顆粒活性炭床 → UV。

第三期於在 1988 年第二次擴建，再增加 7.5 萬 CMD，其處理流程為：快混池 → 反應池 → DensaDeg 高密度沉澱池 → 第一段顆粒活性炭過濾床 → 臭氧處理 → 第二段顆粒活性炭床 → UV。

上述各流程中沉澱池後原是經由砂濾過濾，但於 2006 年該單元全部改為第一段的活性炭濾床。該場廠長 Fabien 帶我們參觀第三期生產線，處理流程的安排並非由控制中心向外依序排列，而是將混凝沉澱單元移到最後（外圍），主要是因為臭氧的添加位置在控制中心的地下室。第三期處理流程中，Densadeg 高密度沈澱池，可概分為三階段，第一階段為開放式的快混池，因該地季節及秋天因落葉導致有機物較高、夏天則有農藥及肥料的污染問題，在 101 年參訪時恰巧有添加粉狀活性炭，故在快混池中水體呈現黑色細膠羽，而膠凝池及沉澱池部分則均以藍色蓋子蓋住，以避免遭受污染及藻類滋生（如圖 6）；沉澱後的再經過第一階段的顆粒活性炭濾床，濾床深 1M、活性炭粒徑為 1~1.2mm、每天反沖洗乙次（取代一般的砂濾床功能）；後臭氧單元其主要功能則為再次去除水中的臭味、顏色及具有消毒的角色；經後臭氧後再經第二階段的顆粒活性炭床，活性炭粒徑 0.5~0.6mm、每星期反沖洗乙次，上述二個階段的活性炭床均以藍色蓋子蓋住，主要在避免藻類滋生；最後 2010 年出水端再加入 UV 處理單元（位於地下管廊處），去除剩餘難處理微生物之活性，並降低前端的臭氧使用量及後端的餘氯添加量。現場各主要單元，均有詳細的解說看板進行說明，可使參觀及操作者易於了解。

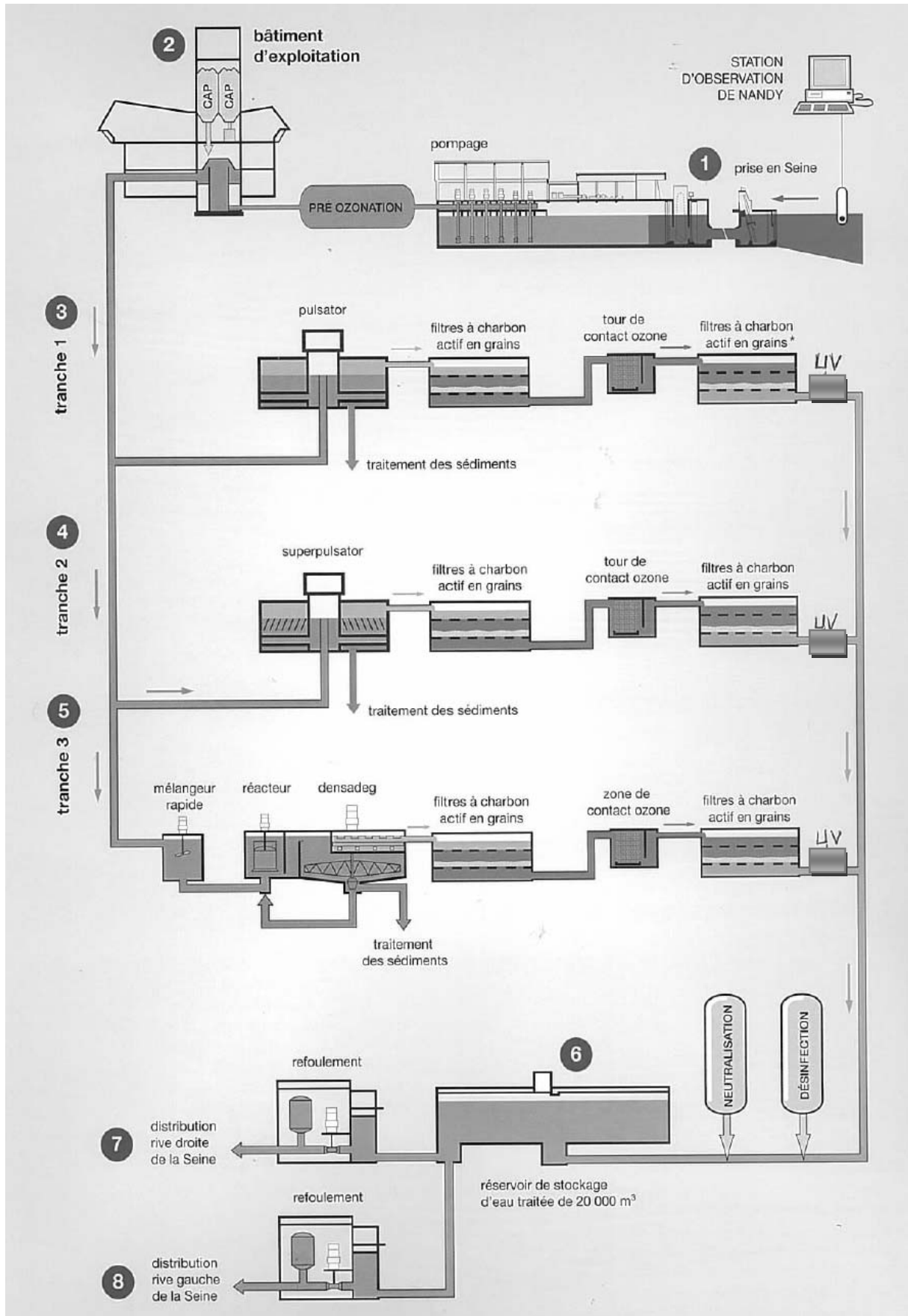


圖 5 Morsang Sur Seine 淨水場各期處理流程圖



圖 6 淨水設備加蓋避免藻類滋生

### (三)淨水處理設備介紹

#### 1.高速沉澱池

一至三期所使用的膠沉池均為法國蘇伊士環境集團旗下 Degremont 公司所研發的專利設備，分別為 Pulsator (脈動式膠沉池)、Superpulsator、Densadeg (高密度沈澱池)。

脈動式膠凝沉澱池主要將膠凝和沉澱作用結合於單一槽中，使用空間最佳化，利用真空引起的脈動(如圖 7)，可產生均質的污泥毯，以較低成本生產較佳水質。利用脈動污泥氈上流方式，池底分水系統使用較大管徑，池中央設真空脈動室，將快混後流入室內水柱，藉由規則抽氣提升，瞬時進氣落下，壓入池底分水管，均勻上流穿過污泥毯，過濾掉小粒子而變澄清，其優點為沉澱後濁度 $<1-2\text{NTU}$ 、可處理  $5\sim 3000\text{NTU}$  以內的原水濁度、TOC 去除率高達 60%、低耗能。

此技術可分為 Pulsator 及 Superpulsator 二種，Superpulsator 即為 Pulsator 加上傾斜管快沉設備的進階版。台水公司於新山、豐原一場二期、鳳山一期等淨水場也有 Pulsator 設備，另澄清湖淨水場於 2003 年改為高級處理場時，也利用了 Superpulsator 設備。

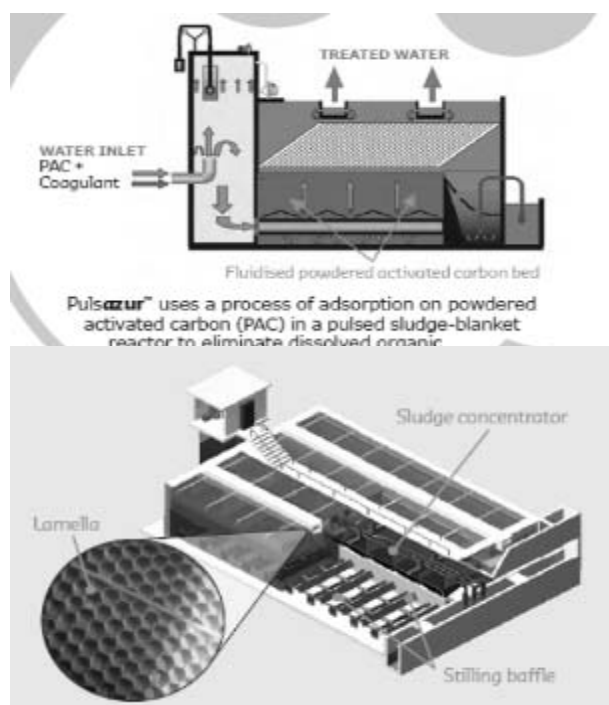


圖 7 脈動式膠沉池示意圖

而三期所用的 DensaDeg (高密度沈澱池) 則具有沉澱池、軟化池和濃縮池功能，主要單元為膠凝、內外部污泥再循環及濃縮等功能(如圖 8)，其污泥再循環系統，可減少廢水體積、加速顆粒沉澱，還可得到高品質的處理水，設備的主要特性為高負荷率(佔地小)、化學藥品的使用具高效率、較佳的放流水品質、容易處理進流水不同濁度變動、整合沉澱與濃縮作用於單一系統中，具小型化、高處理量之效能、外部污泥再循環和高固體濃縮，可減少啟動時間、濃縮池提供了污泥的儲藏及濃縮、耐磨蝕的外部安定器，保養維護簡單。

法國飲用水標準中鋁標準為  $0.2\text{mg/L}$ ，該場混凝劑使用聚氯化鋁 (PACl)，原水 pH 值約為 8.0，為解決鋁鹽的問題，在中控室處，添加酸將 pH 值調降至 7.2，除可增加混凝效率外，也避免了殘餘溶解鋁過高的現

象，此一作法值得國內借鏡及參考。

## 2. 臭氧氧化程序

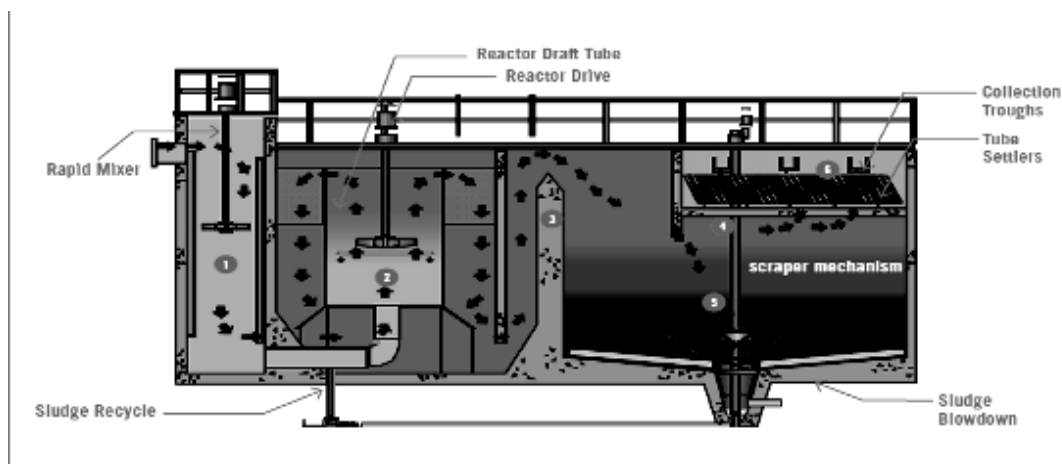
臭氧氧化程序在該場可分為前臭氧與後臭氧，原理大致相同，但功能有些微差異。前臭氧主要破壞較大分子或高分子有機物將其分解成較為容易分解或氧化的物質，後臭氧則是加強破壞難分解的溶解性有機物，原理皆為透過臭氧產生的自由基(free radical)造成有機物氧化斷鍵成較小物質，透過不斷的分解氧化將其有害性降低去除。該淨水場有三台臭氧產生器(詳如圖 9)，其原料直接取自空氣，經過乾燥後進入臭氧發生器經由電弧作用產生臭氧，其安全性需非常注意，其房間以特製化玻璃防護，該場有二種不同的臭氧發生器，圓桶型的臭氧發生器產量為每小時 8kgf，另一種為方型的新型箱體陶瓷發生器其產量為每小時 9.8 kgf，產生之臭氧與所需處理水於接觸氧化槽反應作用(如圖 10)。高藻類、高總有機碳(TOC)、高鐵、錳(Fe、Mn)及臭味物質等原水水質異常可經由此單元削減去除一大部分。



圖 9 臭氧產生器



圖 10 接觸氧化槽



1 快速混合 (添加混凝劑如明礬或三氯化鐵，使原水流進快速混合，來幫助不穩定的懸浮粒子聚集)。2. 反應區：膠凝反應 (可添加聚合物及迴流污泥，再循環的污泥具有加速膠凝製程和確保有均質大小的密集膠凝粒子產生的作用)。3. 過渡區 (由通過向上流動達到過渡至沉澱階段的目的，會有額外的膠凝作用在此區發生)。4. 沉澱及分離區 (在此區域，密集、懸浮的物質會沉澱至沉澱池的底部，乾淨的水，則通過傾斜管出來) 5. 污泥緻密化及增厚 (沉澱的污泥被旋轉式的刮泥機刮除後，進行排泥及污泥迴流)。6. 上澄液收集。

圖 8 DensaDeg (高密度沈澱池)

### 3. 活性碳處理

該場使用的的活性碳計有粉狀活性碳及粒狀活性碳二種，其中添加粉狀活性碳主要是因應季節性高有機物、農藥污染或肥料污染時，於中央控制塔添加，101 年 7 月份參訪時該場即有添加粉狀活性碳，故混凝池水體呈現黑色膠羽（如圖 10）；另粒狀活性碳在一般高級處理場中，係在過濾（砂濾）床及臭氧單元後再加活性碳床，而該場則是分為二段式活性碳床，第一段原為砂濾床於 2006 年改為活性碳濾床，GAC 濾床 1M、粒徑 1~1.2mm、每天乙次反沖洗乙次，第二段活性碳床活性碳粒徑為 0.5~0.6mm、每星期反沖洗乙次，此處的 GAC 床除具有吸附功能外，亦具有生物活性碳床（BAC）的功能。

在使用活性碳時，為避免卸料產生揚塵，均以密閉槽車進行卸料。（如圖 12），另為使粒狀活性碳吸附床上儘速形成的生物膜（BAC），使用濃度 75% 的磷酸（如圖 13），來提供活性碳上微生物生長所需營養鹽，以幫助生物作用的進行<sup>[2]</sup>。

### 4. UV 單元

紫外線（UV）為一環保有效的消毒手段，其原理為紫外線瞬間穿透細胞壁和微生物，引起蛋白質和核酸（DNA）的光化學反應，其殺菌效果在於消滅活細菌、病毒和寄生蟲等大多數微生物，無需添加和使用化學藥劑，不會衍生有害副產物。所投加的有效紫外線劑量（紫外線強度 x 接觸時間）表示紫外設備可達到的消毒處理效果。近年來研究顯示，紫外線輻射的功效對於隱孢子蟲和梨形鞭毛蟲特別有效。故該場在 2010 年於出水端加入 UV 處理單元（位於地下管廊處如圖 14、15），以去除剩餘難處理微生物之活

性，並降低前端的臭氧使用量及後端的餘氯添加量。



圖 11 添加粉狀活性碳混凝池呈現黑色膠羽



圖 12 活性碳以密閉槽車卸料



圖 13 供活性碳使用的磷酸加藥系統



圖 14 UV 設備裝置

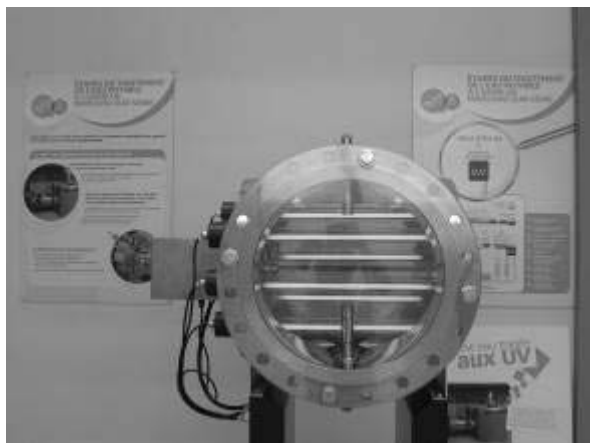


圖 15 UV 紫外線消毒模型及說明

#### (四)水質管理及監測

該場原水來自塞納河上游，水量非常的豐沛、水質大致良好，原水水質主要的問題為農藥、肥料的污染、春天及秋天落葉導致的有機物及濁度過高、夏天有藻類等問題，為此該場使用高級處理設備如脈動式膠羽沉澱池、臭氧、活性炭、UV 殺菌等，進行淨水流程操作處理，必要時再額外加粉狀活性炭，以有效克服上述問題，確保供水品質能如預期地符合飲用水水質標準。另外，針對飲用水水源水質管理方面，在距離 Morsang 淨水場原水取水站上游五公里處設置了原水監測站(Nandy)，安裝了可自動連續

監測多達 18 項水質參數，即時將數據回傳中控室，若原水水質有異常狀況，則立即啟動警報告知中控室，而這套水質預警系統管理機制亦同時分設在 Morsang 場內中控室及另一處在 Montgeron 的遠端遙控中心。

在水質監測管理方面，所有的資訊(水質參數、水量、用藥量等)皆會從 Morsang 的自動控制器傳輸到位於 Montgeron 南大巴黎區中心的總部，藉由遠端遙控中心的這套 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)資料採集與監控系統，操作調度員每天可收集許多資訊並隨時調整操作設定與檢查遠端監測站的操作狀況，假使事故發生，他們能夠馬上提醒告知維護人員或是快速組成一個危機處理小組因應。

另淨水場場內針對各淨水流程單元亦設置相關參數的線上水質監測儀器，其中較特別的線上監測如碳氫及硝酸鹽等(詳如圖 16)同時場內亦設有水質分析實驗室，每周進行超過 80 項分析項次檢驗，主要作為查核比對及調整淨水處理程序之用<sup>[2]</sup>。

#### (五)廢水及污泥處理

該場廢水採分流處理，其中的活性炭濾床反沖洗廢水，流至廢水池後靜置 2 小時，待上澄液乾淨後，再回收至中央控制中心(塔)，全場廢水量約占進水量之 2~3%，採全量回收方式處理。

第一期及第二期的脈動式沉澱池所產生的沉澱底泥濃度較低，尚需添加 polymer 進行再濃縮，而第三期的 DensaDeg 高密度沉澱池底泥濃度固含量很高不需再濃縮。污泥先排至污泥儲存槽存放，再以石灰調理後送至壓濾式脫水機進行脫水，污泥餅含水率平



圖 16 原水線上水質監測儀器

(檢測項目：NOx、DO、temperature、CHx)<sup>(2)</sup>

均約 65%，固含量約佔 35%，其中約 25% 為來自河中的泥砂、10% 為添加的石灰或粉狀活性炭。參訪時因為有添加粉狀活性炭（PAC）所以污泥由原來的土黃色變為黑色。該場脫水機有二台，一台為國內常用的壓濾式污泥脫水機（如圖 17），另一台為新設的離心式脫水機（如圖 19）。壓濾式污泥脫水機濾餅呈塊狀，污泥採不落地方式處理，由二樓的脫水機脫水後，直接以輸送帶送至外面儲車內（如圖 18）。

進入機脫前污泥固含量約 4%，每批次約 2 小時，可產生 5 噸溼污泥餅（溼基含水率 60~72%，平均約 65%），每天 8 小時產能為 20 噸，濾布清洗水中有添加次氯酸鈉藥劑；另一款為新型的離心壓濾脫水機，需添加陰性高分子聚合物，形成的污泥餅較為細小（如圖 21），含水率較低約 60%，可完全自動化，無需人員操作，每 2 小時 1.25 噸，可 24 小時操作。該場每年產生約 5,000 噸污泥餅，污泥採委外處理，委由同為蘇伊士旗下的再處理公司進行再利用，主要再利用成為農業培養土或供土地改良用途使用。

#### (六)空間配置

該場大部分管線均集中於地下管廊，管廊內相當明亮乾淨且寬廣，管線也排列非常

整齊（如圖 20），為利區分，利用不同種顏色加以區分其屬性，如藍色表示處理後的淨



圖 17 壓濾式脫水機及其污泥餅



圖 18 壓濾式脫水機產生的污泥餅



圖 19 離心式脫水機



圖 20 離心式脫水機產生的污泥餅



圖 21 地下管廊管線配置

水管線、淡藍色表示反沖洗用的清水管線、綠色表示空氣管、乳白色表示臭氧回收管、灰色表示雨水收集管線。

### 三、心得與建議

(一)在法國除了重視產水品質外，也非常重視水量的調配，如南巴黎地區即有六個廠可以互相支援調配；另淨水場也擁有不小的處理餘裕，如 Morsang 淨水場平均每天供水 10 萬 CMD，尚有約 1.2 倍（12.5 萬）的供水餘裕，所以可以非常從容的進行設備維護及保養，三期的處理流程（設備），每期每年均可輪流停機

維護保養 1 個月。再配合充足配水池容量，如巴黎配水池容量可供 2 日使用，故巴黎極少會有缺水的情形發生。

(二)在法國飲用水的高級處理已是普遍的處理工法，而國內近十年來也陸續採用高級處理方法進行處理，唯高級處理場尚僅集中在台水公司的第七區管理處與離島地區，如高雄澄清湖高級處理場、拷潭薄膜高級淨水場及鳳山高級淨水處理場、澎湖的海水淡化場、鹽水淡化場、金門太湖高級處理廠等，高級處理場尚不普及且尚均委由廠商進行代操作，隨著原水水質日益惡化及國內陸續新興污染物（C.C.L）加入飲用水水質標準，高級處理恐怕將是未來無可避免的處理方式，國內自來水事業應即早深入了解，未雨綢繆。

(三)在法國常用混凝劑種類有鋁系、鐵系及高分子聚合物三種，其中高分子聚合物常配合沉澱池使用，如 SUEZ Degremont 公司的 DensaDeg 高密度膠沉池設計於混凝劑加藥後，添加 Polymer，而國內對於 polymer 的管制相對嚴格，僅可在原水濁度高於 250NTU 以上時添加，相對保守很多。

(四)國內鋁的飲用水水質標準從 103 年開始分為三階段實施，至 108 年即與法國相同為 0.2 mg/L，而在法國為符合鋁的標準，鐵系混凝劑為常用的淨水藥劑之一，如使用鋁系混凝劑，除嚴格控制加藥量外，有時尚需搭配酸鹼值的調整，如 Morsang 淨水場即使用聚氯化鋁搭配硫酸使用，法國針對鋁的處理方式可以供國內借鏡參考。

(五)Morsang 淨水場在混凝藥劑的使用上，採分段添加不同比例的混凝劑及助凝劑（非在同一池單點全數投加）；另為因應季節性的高有機物及農藥問題等，在快混階段額外添加粉狀活性碳（PAC），成效相當良好，也可供國內參考。而國內原水亦常有高濁度、高藻類、高總有機碳(TOC)或是高鐵、錳等異常狀況發生，藥劑的添加技術也就更值得注意。

(六)在水質管理面上，該場於取水口附近或上游設置許多監測站，即時透過線上水質監測儀器，觀看水質的變化，是否遭受污染，並針對水源地周邊範圍明令禁止從事有關污染水源的活動，有效落實「污染預防，源頭管制」。

(七)在水質監測技術與管理方面，該場場內各淨、廢水處理單元均設置線上監測儀器監測各項重要水質參數，發生異常時，可以網路、簡訊等方式主動通報操作人員，採遠端監控操作以節省人力。

(八)法國淨水場及廢水場中，廢水處理或污泥調理多數都有添加高分子凝聚劑當成混凝劑或調理劑，在污泥脫水機前，有時會再加入石灰，雖說會增加部分污泥重量，但可以改變淨水污泥中有機性偏低的問題，利於當作土壤改良劑或農業培養土等再利用的使用。

(九)在法國把淨水場及廢水場的污泥，當成一種資源或能源看待，尤其在生活污水污泥方面，Degremont 公司標榜採用先進技術，進行能源回收。而最終產物的污泥餅或污泥顆粒，多數用在農業及園藝用途，而國內對於淨水污泥再利用成培養土（栽培介質）反而設立高門檻，如

農委會 97 年訂定了肥料登記證，把以往淨水污泥再利用成的非食用培養土，當作為肥料栽培介質的一種，導致至目前國內淨水污泥無法進行農業及園藝用途，大大的限縮了再利用的途徑，實有必要深思。

## 參考文獻

- 1.林正隆，經濟部101年台法技術合作人員訓練計畫「自來水淨水、廢水處理技術參訪」出國報告書，行政院研考會，101年8月。
- 2.黃聖然，經濟部103年台法技術合作人員訓練計畫「先進飲用水淨水處理技術與水質監測技術及管理研習」出國報告書，行政院研考會，103年11月。
- 3.李丁來，經濟部九十七年度台法技術合作人員訓練計畫－「現代化水務運營中心建置及產水技術研發運用」，97年。
- 4.Morsang-Sur-Seine淨水場簡介,2014。
- 5.[http://www.suez-environnement.fr/wp-content/uploads/2012/01/SUEZ\\_ENV\\_Water\\_Brochure.pdf](http://www.suez-environnement.fr/wp-content/uploads/2012/01/SUEZ_ENV_Water_Brochure.pdf)，P20，2014。
- 6.<http://openbysuezenvironnement.com/open-sites/morsang-sur-seine/-u140>，2014。

## 作者簡介

### 林正隆先生

現職：台灣自來水公司 組長

專長：淨水處理、廢水及廢污處理

### 黃聖然先生

現職：台灣自來水公司水質處 工程員

專長：淨水處理、廢水及污泥處理

# 自來水 DIP $\Phi 700$ 抽換管線工程試關水施工作業

文/葉松樺、朱健行

## 一、前言

在 103 年 8 月間一個星斗明燦清風徐徐的夜晚臺北自來水事業處工程總隊，於承德路五段執行大管線試關水任務。何謂試關水？因抽換管線，小部分管段前後不知閘類是否損壞，以致還有水流入管中因水壓太大不能施工，如有損壞，為了不要擴大關水管段範圍，所以先關水，裝上壓力表並鑽孔排水，監看水壓是否下降。

何時需要試關水？有一種試關水，是當汰換管線及搶修前後開關(閘閥或蝶閥壞損或故障)因無排泥閘，或排泥閘及排氣閘因故無法排水洩壓。因 DIP  $\Phi 500$  以上管線很少有設消防栓，汰換的話因無法排水壓力不降下，故需鑽孔排水看水壓是否降低，施工作業時要量餘氯及監看水壓；直至可施作壓力範圍內，則表示前後開關正常，如此可開挖施工；如圖 1~圖 5。

## 二、水管漏水或爆管搶修

水管若被鑿破或爆管，需及時搶修且關閘查看破壞情況，破穩水管大小有有各種施作工法，有套管切管裝置、用鐵束帶或內套環施工。也有接頭鬆脫等造成漏水鑿破水管閘則水壓大於  $0.4\text{kg}/\text{cm}^2$  造成水量太多，沒辦法施作，若能降到  $0.2$  或  $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ ，則可供承包公司以 3Inch 抽水機排水，低於  $0.2$  或  $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$  壓力下即可予以施工。當汰換大或小管線，大管若可進入則需停水，可使用內套環，大或小管若被鑿破搶修時，則用鐵束

帶；鑿破小孔時採棉線壓鎖。若不及時搶修破管排出的水，壓力過大可能會損壞路面且柏油路面可能會凸起，及道路崩塌造成人車危險及財產損失，也會影響用戶用水，甚至導致加壓站停機。



圖 1 抽換管線前，開挖準備鑿孔

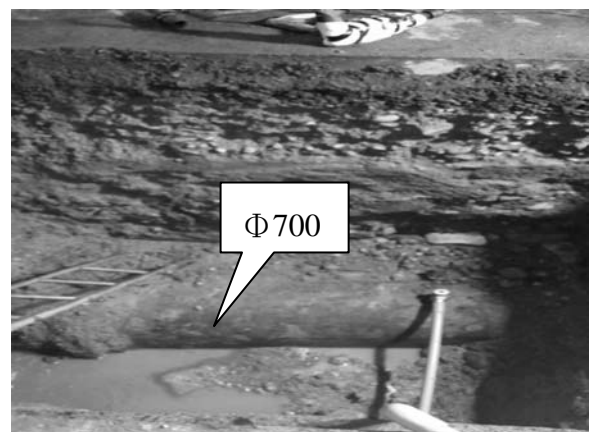


圖 2 開挖到要抽換水管管頂



圖 3 開始鑿孔排水



圖 4 再鑿第二孔裝壓力表同時可排水

### 三、工作步驟與感想

1.工作步驟如圖 6 所示。

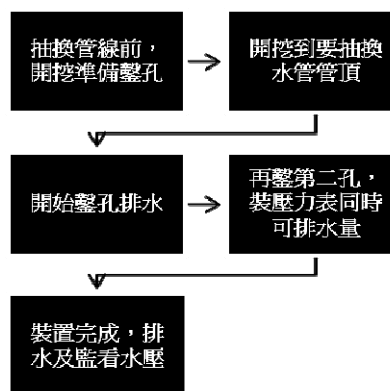


圖 6 工作步驟

- 2.何時需要試關水?無論大小水管汰換工程時為了不擴大關水範圍，皆需試關水。
- 3.壓力過大可能會損壞路面且路面翹起，施工作業時要量餘氯及監看水壓；直至可施作壓力範圍內，則表示前後開關正常，如此可開挖施工。每個步驟必須慎重，輕率不得。

### 作者簡介

#### 葉松樺先生

現職：臺北自來水事業處供水科技術士

專長：自來水調配水

#### 朱健行先生

現職：臺北自來水事業處供水科三級工程師

專長：水資源管理，排水管理



圖 5 裝置完成排水及監看水壓