

自來水會刊第二十四卷第二期目錄

特載：

管網污染控制策略.....史午康..... 1

專門論著：

自來水配水系統水質診斷技術.....樓基中、林永瑋..... 10

實務研究：

台水公司各地淨水場清水腐蝕指數調查.....江弘斌、吳美炷..... 23

每期專題：

以線上監測水質異常案例探討管網水質維護...黃惠玉..... 41

水質監測資料查詢系統之建置研發.....張勝輝..... 51

負壓污染防制技術研究.....江清蓮..... 61

一般論述：

自來水系統配水管網之管理.....何承暉、駱尙廉..... 76

國際水價趨勢探討.....謝堦煌等三人..... 89

他山之石：

經濟部九十三年台法技術合作人員訓練計畫自來水淨水處理

技術出國報告.....張嬉麗..... 98

協會與您：

中華民國自來水協會第十五屆理、監事會第十一次聯席會議紀錄.....114

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季刊，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、感性園地等文稿。
- 三、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。
- 四、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。
- 五、「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 1~2 人審查。「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。「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。
- 六、惠稿請用稿紙繕正，如有圖表，請以黑墨繪製以便製版，其大小應顧及刊發後版面之清晰程度，所有圖表及照片以原件為佳，皆應附簡短說明，並依在文中出現之次序分別編號。
- 七、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。
- 八、惠稿請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之學經歷簡介與 1 吋照片一張，以利刊登，來稿文責由作者自負，來稿請寄至：tinlai@mail.water.gov.tw。
- 九、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 1200 元/千字，「業務報導」為 800 元/千字，其餘為 500 元/千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 500 元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 十、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。
- 十一、本會刊內容自 88 年 5 月 期起已公布於台灣省自來水公司全球資訊網站（www.water.gov.tw）歡迎各界參閱。
- 十二、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

發行所名稱：中華民國自來水協會

發行人：李錦地

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員：葉宜顯

委員：李泰雄 史午康 吳陽龍 蔣本基 廖述良 康世芳 謝永旭 沈進宏 曾浩雄

蘇金龍 李丁來 胡南澤 黃志彬 林岳 陳曼莉 張錦松 蔡錦松 鄭錦澤

張皓 林財富 樓基中

兼總編輯：劉廷政

編輯兼秘書：李丁來

編輯：謝東穎

出版地址：臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登寄證局版台誌字第 2995 號

中華郵政北台字第 0473 號執照登記為雜誌交寄

傳真：(02)25042350

電話：(02)25073832

副主任委員：劉廷政

校對：古藜苓

電話：(02)22244191 轉 326

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

管網污染控制策略**

史午康*

病原菌入侵管網的途徑包括：未加蓋的蓄水池、加蓋的蓄水池被滲透侵入、管線安裝或維修地點、錯接或暫時性污染事件等。暫時性污染事件發生於管網水壓降低或負壓時導致非自來水之回流污染。回流污染可能之入侵情況包括：漏水點、被淹沒的排氣閥、錯接、及損壞的襯墊或接頭等。

自來水事業須稟持預防（proactive approach）重於治療（reactive）的原則，藉完整的管網污染控制策略以防範或降低污染問題。自來水事業界公認的管網汙染防治策略重要項目如下：

一、管理面

1. 危害分析重要管制點（HACCP－Hazard Analysis Critical Control Point）模式將污染防制策略作優先順位排序。
2. 確保管網操作維護計畫所需經費。
3. 加強並強制執行錯接控制計畫（cross connection control program）。
4. 引導員工發展標準作業程序。

（註：更上一層樓的作法－5. 參與

管網系統認證計畫（distribution system accreditation program）

二、操作面

1. 維持管網隨時隨地保持正壓，並持續監測管網水壓。
2. 執行積極的錯接回流防制計畫，每年檢測所有設施。
3. 維持管網餘氯量。
4. 依「附錄」之指引每年對整個管網系統做自我評估。

三、水質檢驗面

1. 例行水質檢驗除滿足法規要求並針對風險關鍵控制點。
2. 施工及新建工程之水質監測。
3. 應持續研究發展有關預測管網污染風險之指標。

四、維護面

1. 無論管線施設或修理工程皆須遵循工程衛生規範之要求，並加強監工有關衛生條件維持之訓練及督工要求。
2. 對配水池、管線及閥栓做例行檢點維

* 臺北自來水事業處 水質中心 主任

**摘譯自「管網的病原菌入侵（Pathogen Intrusion Into The Distribution System*）」

護。

3. 針對管線維修、洗管及新管線之認可等各項作業制定 SOP。
4. 制定並執行積極的檢測漏計畫。

五、工程面

1. 抽換經常漏水之管線。
2. 符合自來水法等相關法規要求。
3. 遵照 AWWA 及其他工業標準及指引。
4. 利用各種可能之工具設法了解管網受污染之潛勢並釐清其改善優先順位。工具包括：水力模式、激流模式 (surge model)、水質模式、SCADA 系統及圖資系統 (如 GIS)。找出管網中可能遭致低壓或負壓之區域。
5. 管線設計須考量激流防止設施如排氣閥。

附錄：管網水質屏障之衛生調查項目

自來水事業應針對下列管網衛生調查項目每年定期對整個管網系統作自我評估，找出管網系統管理之潛在問題。

管網圖資及紀錄

- 有無符合實際工程圖的更新管網圖？最後的更新日期為何？

- 管網之變更或新增是否皆有作報告並作圖資更新？

- 是否所有重要特徵皆顯示於管網圖上—管線及閥栓位置、尺寸 (size) 及材質；消防栓位置；壓力區界線 (pressure zone boundary)；地上/高架水池；加壓站。

- 是否有建立閥栓位置更新紀錄？

- 水質取樣點位置是否有標註於圖上？

- 還有哪些圖資工具 (如：GIS) 用來作紀錄維護及數據管理？

- 紀錄檔案系統是否包括操作維護、修理、檢測漏、及施工標準等作業之檔案？

- 破管紀錄之類型為何？ (修理紀錄、破管尺寸、破裂種類等)

- 用戶抱怨及調查報告是否皆建檔保存？

管網狀況及材料

- 加壓 (pumping)

- 現場是否有替代動力系統？
- 屬手動或是自動？
- 發電機燃料為何？
- 替代動力系統多久測試一次？

- 輸水幹管

- 高處點 (high points) 是否有設排氣閥？

- 低處點 (low points) 是否有設排泥閥 (blow-offs) ?
- 管網是否有壓力偏低問題之區域?
- 管網是否有管末死端 (dead-end) 區域?
 - 有多少處?
 - 是否有消除管末死端 (dead-end) 計畫?
- 管末死端 (dead-end) 是否有設管末消防栓 (terminal hydrants) 或排泥閥?
- 消防水流是否恰當?
- 是否有管線抽換或內襯計畫?
- 新建設備是否依原完工圖檢視並建檔?
- 操作人員是否有受過減壓閥的操作與維護訓練?
- 自來水事業如何判知減壓閥是否故障?
- 減壓閥之排放管是否設置於地面及洪水線之上, 以避免污水反虹吸?
- 是否有適當設置排氣閥?
 - 排氣閥是否設置於洪水線之上且呈 90 度彎曲之管末設有濾網?
 - 排氣閥是否定期檢查維護?
- 緩和負壓之措施:
 - 適當的儲存/供應容量
 - 減少或去除管線之"瓶頸"限制
 - 適當設置及維護之減壓閥
 - 加壓抽水機尺寸、選擇及置放地點
- 抽水機啟動與關閉之緩和機制
- 配水系統是否有作水力模式分析?
- 水力模式是否經校正且準確?
- 水力模式是否為現況? 果然, 水力模式是否有顯示出低壓情況?
- 有沒有用激流模式 (surge model) 來評估輸配水管線?
- 監控中心是否利用水壓監測值來監視系統壓力?
- 系統是否有與其他系統互相連結?
- 破管頻率如何?
- 整年被水淹沒之管線有多少長度? 每季有多少?
- 管網平均水齡為何?
- 是否利用 SCADA 系統監測配水管網水壓或水質?
- 配水管網管線使用何種管材?
- 與水接觸之管材是否經國際認證組織 - National Sanitation Foundation 核准可作為飲用水水管?
- 自來水公司是否有建立自來水管安裝標準? 如果沒有, 水管大小、種類、管線施工等標準為何?
- 自來水管安裝標準方法是否適當, 可確保管網長期之健全?
- 自來水管安裝標準是否符合法規要求?
- 是否確實依照自來水管安裝標準方法施工?

維護計畫

- 維護期程安排方法為何？
- 是否有維修庫存備品？
- 修復期太長時，庫存備品是否足夠？
- 每位員工是否皆持有操作維護手冊？
- 操作維護手冊有否提供操作指引？
- 有無程序自動化所需警報系統或儀器？
- 閘栓是否定期檢查與動作？
- 是否建立並落實執行例行維修期程且涵括整個系統各部分？
- 有無壓力測試計畫？
- 停水通知是否於停水前照知用戶？

水管安裝與修理

- 自來水公司隔離與修理破管或漏水管之操作程序是否文件化，且符合 AWWA 或州法規要求
- 手邊是否有合適之維修零件
- 安裝現場之水管是否有管帽保護？
- 施工現場是否有依衛生程序來處理水管？
- 維修過程是否經檢查員查核？
- 檢查員是否受過有關 AWWA 標準規範或事業規範之訓練？
- 洗管及消毒前有否先移除施工污染物及其他雜質？機械清理（pigging）是否有用在這次操作上？

- 自來水公司是否有新設管線洗管及消毒操作程序？如果沒有，新設管線時，依據何種步驟？
- 自來水公司消毒水管時，有否符合 AWWA 最低標準？
- 是否有新設管線消毒及洗管測試結果或報告，及接續之測試？
- 洗管廢水排放前是否先去氯？
- 破管或緊急事件時是否有緊急通報流程或因應人員？

洗管計畫

- 有無洗管計畫？
- 詳述洗管計畫內容
 - 有無使用單向洗管方法？
 - 洗管流速目標值是多少？
 - 洗管之目的為何？（例如：去除沉澱物、餘氯等）
- 管末死端（dead end）是否有設管末消防栓（terminal hydrant）或排泥閘（blow offs）？
- 洗管計畫有否通知管末端區域之用戶？
- 洗管之前是否通知用戶？
- 洗管紀錄是否維護建檔？
- 配水管網是否有因洗管造成低壓或負壓之經驗？
- 洗管前、中、後有執行哪些水質監測？

- 配水系統每年執行多少比例（總長度百分比）之洗管？

檢測漏計畫

- 自來水公司有無檢測漏計畫？
- 水公司如何計算"漏水"及"非計費水量"？
 - 計算方法是否有反映洗管及工程用水量？
 - 所生產的水中被漏水或破管消耗所佔比例為何？
- 是否所有水源在配水系統之入口處皆裝設有流量計？是否針對所有用戶皆計量？
- 水量計多久檢查或校正一次？
- 漏水率是否大於或小於 10%？若大於 10%，將以哪些作為來降低漏水？
- 管網系統漏水是否明顯？

操作員訓練及證書

- 水公司有無人員訓練計畫？
- 是否有提供誘因或機會，以鼓勵新進或在職員工參加訓練或增進其供水相關知識？
- 操作人員教育訓練預算為何？(可能的話請附上)
- 去年的員工教育訓練活動(請附上)

- 操作人員是否容易取得操作維護手冊？
- 操作維護手冊是否提供操作決策指引？
- 是否有依循 SOP？
- 水公司是否依照政府法規僱用資格認證等級適當之操作人員？
- 是否曾發生因員工缺乏適當資格認證，而導致操作維護不當之情形？
- 所有系統操作人員之資格認證是否皆有作更新？是否所有人員皆符合操作人員資格認證更新之最低要求？
- 操作員是否知道如何因應水源至供水之各種狀況？
- 水公司操作維護是否保持於最佳狀態？
- 水公司有無對接觸水之操作人員進行健康檢查？

法規規定

- 是否有作餘氯測定及記錄？
- 水公司出水餘氯值是否維持於標準範圍內？
- 配水系統是否維持適當餘氯量，包括終端地區？
- 取樣點及數量是否具有水力、水源、用水人口及地理位置等代表性？
- 測試儀器是否依照原廠建議定期校

正？

- 有無訓練人員正確使用儀器？
- 報告是否依規定完成並陳報給主管機關？
- 自來水是否符合飲用水水質標準？
- 自來水公司有無製作年度用戶信心報告？

鉛銅法則

- 有無針對鉛及銅之採樣計畫？
- 是否已完成必要之監測？
- 有無超過鉛或銅的行動值（action level）？
- 若超過鉛的行動值（action level），是否已完成必須的用戶教育？

總大腸桿菌法則

- 有無符合總大腸桿菌法則之代表性取樣計畫？
- 配水系統取樣地點如何分佈？是否具有代表性？包括供水管網第一個接管處及管末死端嗎？
- 由誰採樣？
- 何時採樣？
- 採樣點數為何？
- 有無其他監測數據搭配總大腸桿菌（例如：色度，pH，濁度）？

監測計畫其他規定

最近由於安全飲用水條例（SDWA）修訂，自來水公司必須執行各種監測計畫以證明其供水安全。監測計畫必須包括下列各點：

- 揮發性有機物監測（Phase I 法則）
- 合成有機污產物（規定與未規定者）/ 無機污產物監測（Phase II/V 法則）
- 濁度與消毒監測計畫（SWTR）
- 消毒與過濾概述檔案（profile）（IESWTR）
- 是否依照州政府或其他機關核准之監測計畫執行，若否？為何？
- 是否所有實驗皆由認證實驗室執行？

水質數據

- 水質數據如何管理？（例如：實驗室資訊管理系統，資料庫），是否適用？
- 有哪些非例行性監測計畫？（例如：研究、洗管、配水系統問題探討，或模式確認）
- 監測結果、系統紀錄及計畫是否皆有備份：
 - 保持於現場嗎？
 - 可供作調查用嗎？
- 違規次數（最近兩年內）日期：種類：_____
- 執行機關動作

· 水公司回應

- 總大腸桿菌不合標準時，水公司是否有公告周知用戶計畫？違反其他規定時呢？

用戶抱怨數據

- 提出去年用戶水質申訴案數目及類別
- 這些申訴案是否皆已作原因歸類？
- 這些抱怨案是否皆已調查其發生原因及採取補救措施？

緊急應變措施

- 有無緊急應變計畫？是否能發揮功能？
- 有無緊急聯絡電話及名單？
- 是否具備完整有效的緊急因應計畫？應包括：設備故障、停電、水管、水池破裂或故障、錯接、惡意破壞，有毒物質溢濺，罷工及天然災害等之回報。
- 下列各項是否具備
 - 其他替代水源及備用蓄水容量
 - 組織人力清冊及人員職掌明細表
 - 回復計畫
 - 執行該計畫人員之訓練計畫
 - 區域聯絡網計畫，如州政府，警察局及消防局

· 人員、設備、紀錄及地圖之保護措施

- 計畫是否每年檢討更新
- 是否應用風險評估來製作緊急因應程序（例如：風險確認、暴露評估）

錯接控制計畫

- 水公司有無經過核准之錯接控制計畫？
- 水公司是否備有錯接污染相關之條例、法規或策略？其基本要求為何？
- 是否將第三團體參與調查或測試納入為該項計畫的一部分？
- 操作人員錯接控制訓練之日期為何？
- 水公司人員是否受過防止回流及錯接控制之訓練？
- 每年對回流防止設施測試之比例為何？
- 水公司是否曾周知用戶這些提醒注意防範回流污染之訊息？以何種方式？如何周知？
- 是否已針對所有產業、公司及機關之相關設施作過調查？
 - 若否，估計何時將完成所有設施之評估調查？
- 目前有多少人員負責執行錯接計畫？
- 有無重大違反錯接控制案例？
- 錯接控制紀錄保存於何處？以何種方

式保存？

- 水公司如何追蹤保證須完成年度測試之回流防止相關設施確實完成執行？
- 計畫如何落實執行？
 - 執程序是否明列於條例、法規或政策中？
- 對新建物是否有做調查並持續做追蹤調查？多久做一次後續追蹤調查？是否有建立調查紀錄或文件檔案？
- 檢測人員必須具備那些資格？通過錯接防制設施檢測資格驗證之檢測人員人數為何？

水管與污水管分離

- 水公司有無訂定並提供有關自來水管線與衛生下水道及雨水下水道隔離之最低要求的工程設計標準？

目前有十個州之標準（10 State Standards, Great Lakes Upper Mississippi River Board of State Public Health & Environmental Managers 1997）提供該課題之指引。

配水池設施

調查配水池設施目的：

- 檢查檢討配水池之設計及主要元件以確定其可靠度、適合度、容量及脆

弱點

- 評估操作、維護及安全措施以確定配水池之可靠度
- 了解配水池是否有任何衛生風險（sanitary risks）

配水池設備

- 名稱
- 形式（例如：地上式，地下式）
- 建造材質
- 容量
- 重量
- 壓力槽
- 供應量（日數）
- 服務日期
- 水池是否有蓋子或其他設備保護？
- 結構是否完善並適當維護？
- 溢流管是否翻轉向下？是否有蓋子或濾網？管口是否至少離地面 3 倍管徑？
- 排氣口是否翻轉向下？是否有蓋子或濾網？
- 排水管及清洗管是否翻轉向下？是否有蓋子或濾網？是否至少離地面 3 倍管徑？
- 蓄水池是否可與系統隔離？
- 入水口與出水口位置是否能確保水流之適當循環？
- 有無旁通管以利維修？
- 配水池有否 3-5 年清洗一次，以去除

沉澱物、生物膜等？

- 修理後，是否在使用前先行消毒？
- 配水池處是否會淹水？
- 有無圍籬？
- 該處是否有衛生上的潛在風險？如有，是哪些危險，在何處？
- 在地面或附近是否有危及蓄水池之物？
- 配水池是否維護良好？
- 蓄水池周圍是否有適當表面排水？
- 屋頂是否斜面，以防積水？
- 屋頂有無防水功能？
- 屋頂排水口是否開口向下，且有細目之濾網？
- 是否設有人孔以利於檢查，取樣等？
- 人孔是否上鎖？
- 是否設有設施安全且不對外公開之梯子？
- 配水池旁測是否有入口處？（至少二處）
- 配水池是否有獨立之排水系統，以利排除底部污泥？
- 配水池的水多久更替一次？

- 配水池是否維持適當餘氯量？
- 水位是否恰當，俾維持水壓於 20 psi（138 kPa）？
- 是否有水位控制設施？
- 水位是否利用高、低水位警報作 24 小時監測？
- 有否用到高度閥（altitude valve）？
- 閥井是否可防被破壞？
- 有否提供陰極（cathodic）防蝕保護？

水池檢查

- 內部油漆檢查日期：最後一次油漆日期（內部）
- 外部油漆檢查日期：最後一次油漆日期（外部）
- 配水池是否每日或每週檢查週遭安全，有否遭破壞、外部污染及塗襯失效（coating failure）？
- 是否每月、季定期爬至池上檢查所有濾網、開口處、陰極保護系統等設備？
- 是否每 3-5 年作詳細徹底檢查？

自來水配水系統水質診斷技術

樓基中* 林永璋**

ABSTRACT

The drinking water of Kaohsiung City treated mainly by Cheng Ching Lake Water Facility (CCLWF) and Cou Tan Water Facility (CTWF), which are owned and operated by Taiwan Water Supply Corp., (TWSC). The drinking water quality is achieved to water quality of regulatory requirements after treatment system. However, The part of residents still unsatisfied the drinking water quality in Kaohsiung City; mainly due to the water quality degraded or water taste uncomfortable during the transportation in distribution systems and storage facilities.

A survey was conducted at full-scale distribution systems in Kaohsiung City, Taiwan to investigate the reasons why drinking water quality degraded during the transportation in distribution systems. Also, an efficient and cost-effective method was developed to successfully understand the characteristics of distribution systems without knowing the property of pipelines,

nor the hydraulic situation and thickness of biofilm in pipelines.

摘要

高雄市自來水經台灣省自來水公司淨水場處理後，水質已能符合「飲用水水質標準」，儘管環保及自來水單位對高雄地區飲用水水質抽驗結果，均符合飲用水水質標準，但部分民眾對自來水水質仍不滿意與缺乏信心。原因可能係清水經由送水管線及用戶用水設備之輸送或水塔的儲存過程中造成水質劣化。本文主要針對高雄市自來水配水系統進行全面調查，以瞭解處理後清水在經過配水系統的輸送過程中，導致民眾對水質不滿意的原因。同時在對配水管材質、水力分布與管內生物膜的厚度都不知情之狀況下，此次研究成功發展出一套既有效率又節省費用的配水系統特性與管路查驗方法。

關鍵字：配水系統，儲水設備，飲用水水質標準，自由餘氯等濃度線，總三鹵甲烷等濃度線

* 國立中山大學環境工程研究所 教授

**國立中山大學環境工程研究所 博士候選人

一、前言

配水系統在飲用水水質上扮演著重要的角色，許多的研究顯示（如 Kirmeyer G. J. et al., 2001, Haas C. N. et al., 2002, Martel K. D. et al., 2002），配水管的材質與管徑、水質的化學特性、水力分布及配水管的距離與分佈網路等，都能影響配水的水質。然而因配水管路都埋於地底，許多模式方法仍無法很清楚的瞭解配水系統中每點之間的水質差異。（如 Dukan S. et al., 1996, Islam M. R. et al., 1997, Rodriguez M. J. et al., 1999, Boccelli D. L. et al., 2003）

澄清湖淨水場及拷潭淨水場為主要提供高雄市自來水的兩個淨水場。原水經淨化處理後，水質已能符合「飲用水水質標準」。但高雄地區大部分民眾仍抱怨飲用水口感及臭味問題。根據樓基中教授於 2002 年所做問卷調查顯示，有 42.8% 的居民從來不飲用自來水，另外將近 80% 的民眾在飲用自來水前會先行煮沸、RO 逆滲透過濾或以活性碳吸附等方式處理。

為了達成如表 1 之所示高級處理出水水質目標，台灣自來水公司花費近 25 億於 2003 年就這兩淨水場處理設備進行升級，將傳統方式改為更現代化的處理方式；這些現代化的處理方式包括前

後段臭氧處理、結晶軟化及生物活性碳吸附方法等。然而若高雄市自來水在配送到民眾端的供水系統不能維持水質的要求，那這些水處理系統改善所投入的金錢與努力將無意義。因此在處理設備完成更新與改善前後，配水系統與儲水設施對於飲用水水質影響是一個必須探討的課題。本研究的目的即在針對配水系統等方面，找出影響水質的問題並提供具體可行的改善方法。

二、研究與方法

根據台灣自來水公司的資料顯示，高雄市有兩個行政區域經長期監測結果微生物指標(包含總菌落數與大腸菌類)比其他區域高很多，因此本研究的第一個方向就是去了解造成這些地區水質惡化的原因。Kirmeyer (2001)等人提出針對配水系統水質問題作探討，首要步驟就為先瞭解配水系統(包括貯水設施)並且界定問題。因此我們必須先決定採樣地點，在兩個行政區中各選出四個採樣點（採樣點表示為 A1-A4 與 B1-B4）。

針對這八個採樣點及澄清湖(CCLWF)與拷潭(CTWF)兩個淨水場，從 2001 年 8 月至 2002 年 1 月間（季節涵蓋夏季、秋季與冬季），每個月進行一次的水質採樣，在每個採樣日，水樣採樣分成兩次，分別是早上六點與下午六

表 1. 高級處理出水水質目標 (台灣省自來水公司, 2005 年)

出水水質要求	
水質項目	出水水質要求 (最大限值)
藍氏飽和指數 (LSI)	-1 < LSI < 1
色度	3 PCU
臭度	1 TON (未加氯前)
濁度	0.2 NTU (95% of the time)
總硬度	150 mg/L (as CaCO ₃)
總溶解固體量 (TDS)	500 mg/L
溴酸鹽	0.008 mg/L
自由有效餘氯	0.5~1.0 mg/L
殘餘臭氧	低於最低儀器可偵測極限
FPA	無特殊異臭味 (於未加氯前) Odor free (FPA: 閾限值 1)
總三鹵甲烷 (TTHMs)	40 μg/L
五類鹵化醋酸 (HAA5)	30 μg/L
總菌落數	1 CFU/mL
大腸桿菌群	OMP _N /100mL (多管發酵法) OCFU/100 mL (濾膜法)
pH	6.0-8.5
氨氮(以氮計)	0.1 mg/L
硫酸鹽(以 SO ₄ ²⁻ 計)	250 mg/L
硝酸鹽氮(以氮計)	10 mg/L
亞硝酸鹽氮(以氮計)	0.1 mg/L
註：除臭度及 FPA 於未加氯前，其餘樣品為加氯後於清水池取得。	

點。考量原因為清晨採得水質於自來水系統滯留時間最長；傍晚採樣則為最短。由這我們可以看出水質惡化與滯留時間的關係。

如圖 1 所示，B 是從澄清湖淨水場

及拷潭淨水場清水池所採的水樣（此處即是配水系統中的進流點），採樣點 C 則是自來水儲水系統的進流端（即配水系統中的出流端），而 D 的採樣點則位於用戶端。

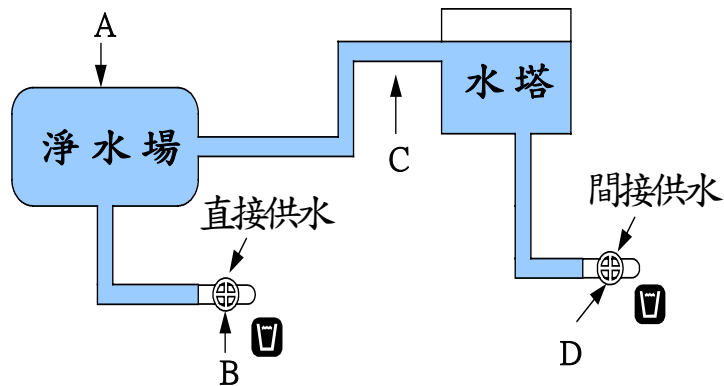


圖 1 直接與間接供水調查之採樣

高雄市的行政區給水系統的管線已準備更新。然而因經費有限，所有的管線不可能一次全部更新完成。因此本研究的第二個目的則是要找出哪些配水管線是急需被更新的。同樣的，基於採集水樣的方便性後，選擇了 30 個採樣點。為了比較每個採樣點與二個水場間的水質差異，所有水樣均在同一時間採集。為了排除儲水設施對水質的影響，水樣均在家用儲水設施前的進流點收集(如配水系統的出流點)。同樣也是一天採樣兩次，一次在早晨，另一次則在傍晚；然而因經費與人力有限，因此本研究僅於 2002 年 2 月 25 日進行一次的採樣。

從法規所規範的飲用水水質項目中，挑選出一般最為關心的 17 個項目作為飲用水水質的指標，如表 2 所示。自由餘氯、pH 及溫度為現場量測項目，而

其餘項目則在實驗室進行測定。臭味(FPA)、鹵化醋酸(HAAs)等項目每季測定一次，其餘項目則每月進行測定。總三鹵甲烷(TTHMs)與鹵化醋酸(HAAs)是被當做消毒副產物(disinfection by-products, DBPs)的指標；臭味則用兩種方式不同的感官方式同時進行測定：一是初嗅數(threshold odor number, TON)，另一則是臭味層析法(flavor profile analysis, FPA)。

三、結果與討論

(一)特定區域每月監測的結果

本研究分別在 2001 年 8 月 15 日、2001 年 9 月 6 日、2001 年 10 月 3 日、2001 年 11 月 5 日、2001 年 12 月 12 日及 2002 年 1 月 7 日進行採樣，總共採樣了共 168 個樣品。其分析結果如表 3 所

表 2 水質監測項目

	項目	分析方法	偵測極限	量測頻率
1	大腸菌落	^a NIEA E202.51B (MF method)	1	Monthly
2	總菌數	NIEA E205.54B (MF method)	1	Monthly
3	濁度	NIEA W219.50T (Turbidimeter method)	—	Monthly
4	臭味	TON (Threshold Odor Number) ^b FPA method (Std. Method 19ed)	—	Monthly Seasonally
5	色度	NIEA W201.50T (Nessler Tubes Method)	—	Monthly
6	導電度	NIEA W203.51B (Conductimeter method)	—	Monthly
7	pH	NIEA W424.50A (pH meter)	—	Monthly
8	總溶解固體物	NIEA W210.55A (Drying method)	5	Monthly
9	總硬度	NIEA W208.50A EDTA (Titration method)	—	Monthly
10	鹼度	Std. Method 18ed 2320B (Titration method)	4.08	Monthly
11	自由餘氯	NIEA W408.50A (DPD method)	—	Monthly
12	硫酸鹽 (as SO ₄ ²⁻)	NIEA W430.51C (Turbidimeter method)	0.68	Monthly
13	硝酸鹽 (as N)	NIEA W419.50A (Spectrophotometer method)	0.02	Monthly
14	氨氮	NIEA W416.50T (Ultraviolet spectrophotometry)	0.068	Monthly
15	三鹵甲烷 (TTHMs)	^c USEPA Method 501.2 (GC/ECD)	0.78	Monthly
16	鹵化醋酸 (HAAs)	USEPA Method 552 (GC/ECD)		Seasonally

a: 水質分析方法，台灣環保署

b: 水及廢水檢測方法(第 19 版)，APHA，Washington, D.C.

c: 美國環保署所出版的測定方法

示，結果顯示除了自由有效餘氯、大腸菌數及總菌落數外，其他的指標都在標準之內。

在自由有效餘氯方面，總計有 103 個樣品(佔 61.3%)超過法規標準(0.2-1.0 mg/l)，只有 1 個水樣高於 1.0 mg/l 的標

準，其餘的均低於 0.2 mg/l。唯一超過標準 1.0 mg/l 的水樣是 2001 年 8 月 15 號在澄清湖淨水場所採的，其值為 1.03 mg/l，當水樣的自由餘氯比飲用水標準低時，連帶的消毒副產物 DBPs (三鹵甲烷-TTHMs 及鹵酸-HAAs)濃度也低於標

表 3 水質分析結果

項目	單位	樣本數	範圍	平均值	飲用水標準	超過標準之樣本數
大腸菌落	CFU/100mL	168	<1~2000	—	6	6(3.6%)
總菌數	CFU/mL	168	0~840	—	100	9(5.4%)
濁度	NTU	168	0.17~1.35	0.57±0.22	2	0
臭味	Ton	168	1~3	1.3±1.2	3	0
臭味 (chlorine 氯味)	—	56	2~12	6.4±1.9	—	0
臭味 (earthy 土味)	—	56	2~8	5.0±1.5	—	0
色度	mgPt/L	168	<5	—	5	0
導電度	µmho/cm	168	59~433	197.85±117.80	—	0
pH	—	168	6.65~7.82	7.24±0.25	6.0~8.5	0
總溶解固體物	mg/L	168	142~395	285.0±52.8	600	0
總硬度	mg/L	168	124~312	213±47	400	0
鹼度	mg/L	168	66~240	134.31±28.00	—	0
自由餘氯	mg/L	168	0.01~1.03	0.28±0.26	0.2~1.0	103(61.3%)
硫酸鹽 (as SO ₄ ²⁻)	mg/L	168	28.7~92.7	59.1±13.0	250	0
硝酸鹽 (as N)	mg/L	168	1.1~3.8	2.44±0.67	10	0
氨氮	mg/L	168	ND	—	0.1	0
三鹵甲烷(TTHMs)	µg/L	168	2.5~74	30.9±4.2	100	0
鹵化醋酸(HAAs)	µg/L	56	5.0~34.2	21.4±6.2	—	0

準，這顯示自由餘氯可能在消毒過程中消耗掉，而非形成 DBPs。

爲了瞭解爲何有 60% 的樣品自由有效餘氯之值超過標準值的原因，我們針對相關數據進行更進一步的分析。圖 2 及圖 3 顯示出自由餘氯的濃度不論在清晨或傍晚，其變化曲線均很類似，也就是說，自由餘氯濃度的變化並不受自來水滯留時間的影響；這個發現不同於先前的一些研究報告 (Baribeau H. et al., 2001, Delahate E. et al., 2003)。從澄清湖

水場與拷潭水場所採的清水水樣，其自由餘氯的平均濃度爲 0.83 ± 0.07 mg/l 及 0.82 ± 0.07 mg/l，這表示由這兩個水場所提供自來水含有相對比較高濃度的自由餘氯，並且隨著後續的配水管線及儲水設備，自由餘氯的濃度逐漸下降。

本研究比較自來水經水塔前後所含之自由有效餘氯濃度，所有的數據皆顯示在水塔前的自由餘氯濃度較水塔後爲高，這個趨勢同樣也可以從圖 1 採樣點 C 的不合格率 (分別爲 100% 及 83%) 比

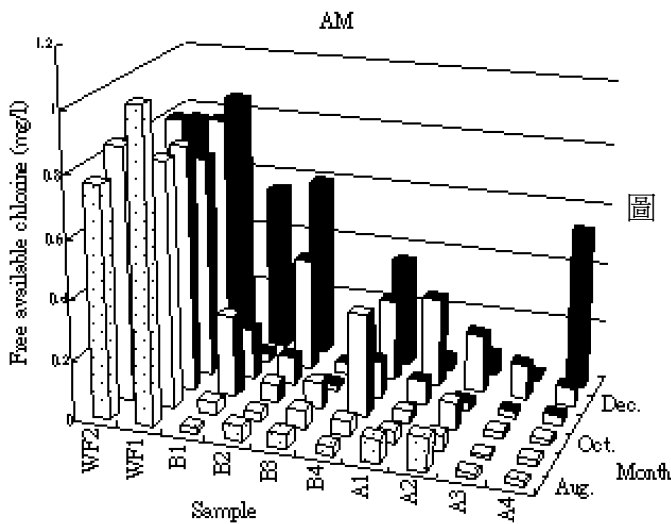
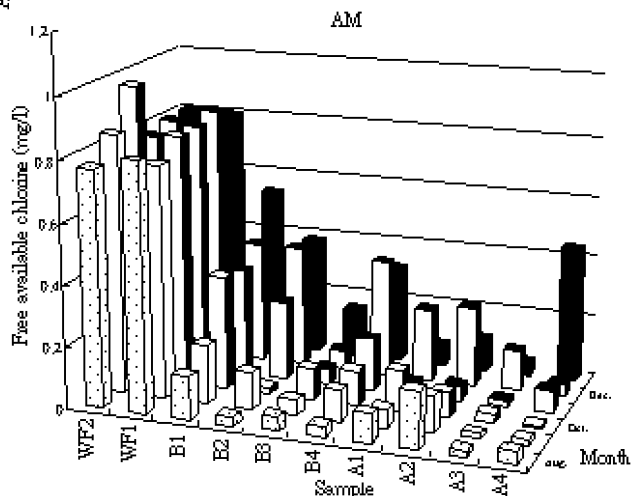


圖 2 自由餘氯濃度與採樣地點及和採樣日期(清晨)變化圖

圖 3 自由餘氯濃度與採樣地點及和採樣日期(傍晚)變化圖



採樣點 D 為高看出，這顯示在我們所調查的區域內配水系統與儲水設施均會造成自由餘氯濃度的下降。Dukan(1996)等人也指出，若供水系統管壁內有微生物膜附著，則水中的自由餘氯會被消耗。

除了自由餘氯外，有六個樣品(佔 3.6%)的大腸菌落及九個樣品(佔 5.4%)

的總菌數也超過飲用水水質標準。表 4 所列即為大腸菌落與總菌數偏高的水樣，從表中我們可以發現自由餘氯偏低是造成的主要原因；然而幸運的是，此地民眾的飲水習慣會先將水煮沸，這樣可避免因水中細菌過高而引起身體不適。

表 4 大腸菌落與總菌數過高的水樣

採樣時間	測定值		
	大腸菌落 CFU/100ml	總菌數 CFU/ml	自由餘氯 mg/l
2001.9.6 AM		340	0.02
	2000	840	0.01
	400		0.02
		600	0.03
2001.9.6 PM	200		0.06
		160	0.12
	1800		0.02
		240	0.1
2001.10.3 AM		101	0.06
		112	0.02
	200		0.02
2001.10.3 PM		101	0.03
	100		0.01
2001.12.10 AM		128	0.06
飲用水水質標準	6	100	0.2~1.0

(二)配水系統效率之檢討

由監測數據(如表 5 與表 6)指出,在大部份的採樣點大腸菌落數、總菌落數、濁度與總三鹵甲烷均在標準值內。因此自由有效餘氯的測值變成了影響管線更換順序的主要參數。我們將自由餘氯監測資料繪製成一等濃度圖,如圖 4 所示。由圖 4 我們可以發現,不論在清晨或傍晚,自由餘氯等高線濃度圖幾乎

是一樣的。這個結果指出,有些區域的配水系統會造成自由有效餘氯的降低。造成自由有效餘氯降低的原因可能是生物膜、管線材質、水力條件所影響。因為圖形提供了所有需要的資訊,不必去分析管線的材質,大量水流和其他因素。因此有更多管線聚集的地區就是我們應該優先考慮更換管線的地方,因為它代表著餘氯濃度不正常的被消耗掉。

表 5 2002 年 2 月 25 日清晨採樣分析結果

採樣點	分析項目					
	導電度 umho/cm	自由餘氯 mg/L	大腸菌落 CFU/100mL	總菌數 CFU/mL	濁度 NTU	三鹵甲烷 µg/L
1	602	0.06*	<1	3	2.26*	27.1
2	578	1.45	<1	0	0.49	33.7
3	606	0.42	<1	0	0.54	32.9
4	569	0.56	<1	0	0.46	38.9
5	581	0.04*	<1	5	1.06	33.6
6	570	0.33	<1	0	0.34	42.0
7	570	0.53	<1	1	0.31	36.5
8	596	0.92	<1	0	0.22	31.0
9	593	0.38	<1	1	0.45	36.8
10	599	0.17*	<1	0	0.39	38.1
11	595	0.73	<1	0	0.41	29.4
12	578	0.62	<1	0	0.40	34.0
13	606	0.62	<1	0	0.40	26.3
14	594	1.02*	<1	0	0.51	35.3
15	588	0.76	<1	0	0.35	36.1

16	573	0.45	<1	0	0.62	48.3
17	581	1.10*	<1	0	0.49	37.5
18	312	0.26	<1	1	0.55	47.2
19	566	0.68	<1	0	0.43	41.2
20	574	0.60	<1	0	0.45	57.8
21	577	0.72	<1	0	0.32	31.7
22	586	0.42	<1	0	0.72	36.3
23	592	0.41	<1	0	0.48	44.0
24	583	0.51	<1	0	0.39	55.1
25	592	0.11*	<1	14	0.55	52.4
26	589	0.59	<1	0	1.97	31.5
27	615	0.37	<1	1	1.71	32.1
28	587	0.39	<1	4	1.14	38.2
29	591	0.05*	<1	560*	1.03	10.8
30	576	0.26	<1	2	1.73	51.1

*: 監測結果超過法規標準

表 6 2002 年 2 月 25 日傍晚採樣分析結果

採樣點	分析項目					
	導電度 µmho/cm	自由餘氯 mg/L	大腸菌落 CFU/100mL	總菌數 CFU/mL	濁度 NTU	三鹵甲烷 µg/L
1	592	0.08*	<1	55	1.77	30.0
2	599	0.72	<1	0	0.70	28.4
3	589	0.26	<1	23	0.33	31.9
4	574	0.82	<1	0	0.85	30.6
5	575	0.04*	<1	69	0.59	34.5
6	582	0.65	<1	0	0.32	29.0
7	579	0.65	<1	0	0.35	35.7
8	587	0.75	<1	0	0.45	31.6
9	584	0.61	<1	0	0.80	33.9
10	599	0.03*	<1	45	0.42	30.6

11	584	0.92	<1	0	0.45	25.9
12	588	0.67	<1	0	0.40	37.7
13	595	0.77	<1	0	0.91	29.6
14	587	0.90	<1	0	0.31	31.9
15	580	0.93	<1	0	0.51	33.2
16	584	0.44	<1	0	0.28	48.1
17	568	0.75	<1	0	0.38	33.5
18	590	0.10*	<1	13	0.30	32.9
19	572	0.84	<1	0	0.34	28.2
20	578	0.56	<1	0	0.32	54.3
21	581	0.54	<1	0	0.20	30.1
22	590	0.30	<1	1	0.76	38.6
23	573	0.21	<1	2	0.32	44.9
24	580	0.47	<1	0	0.50	48.3
25	579	0.11*	<1	3	0.43	40.7
26	574	0.33	<1	1	1.70	31.5
27	595	0.51	<1	0	0.97	29.2
28	583	0.39	<1	0	1.10	31.4
29	579	0.05*	<1	11	0.83	16.0
30	582	0.26	<1	2	1.26	31.9

*: 監測結果超過法規標準

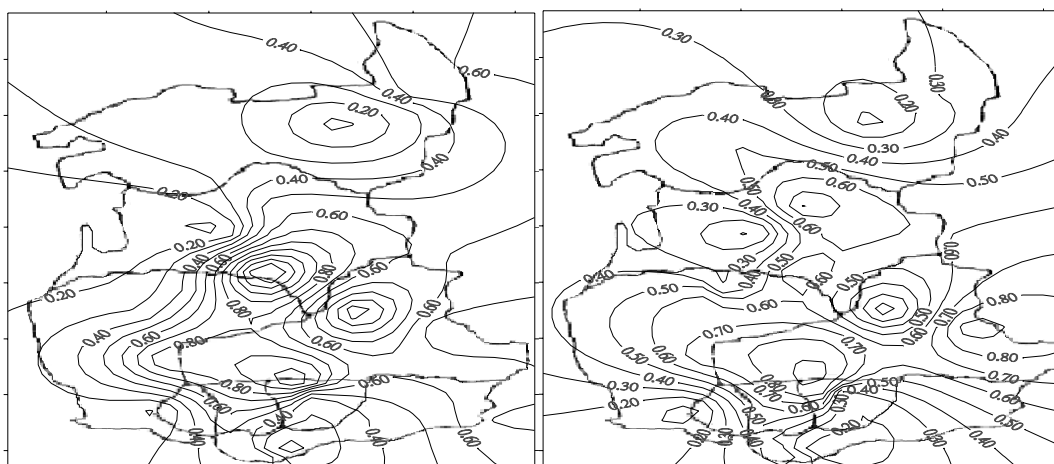


圖 4 自由餘氯等濃度圖—清晨時段(左圖)及傍晚時段(右圖)

同時我們也繪製總三鹵甲烷(TTHMs)的等濃度圖，如圖 5。當自由有效餘氯為低時，其三鹵甲烷的濃度就相對的較高（比較圖 4 與圖 5 可看出）。很明顯的可以得到一個結論，這個方法提供淨水場一個有效率且節省費用的方法來瞭解配水系統的特性。

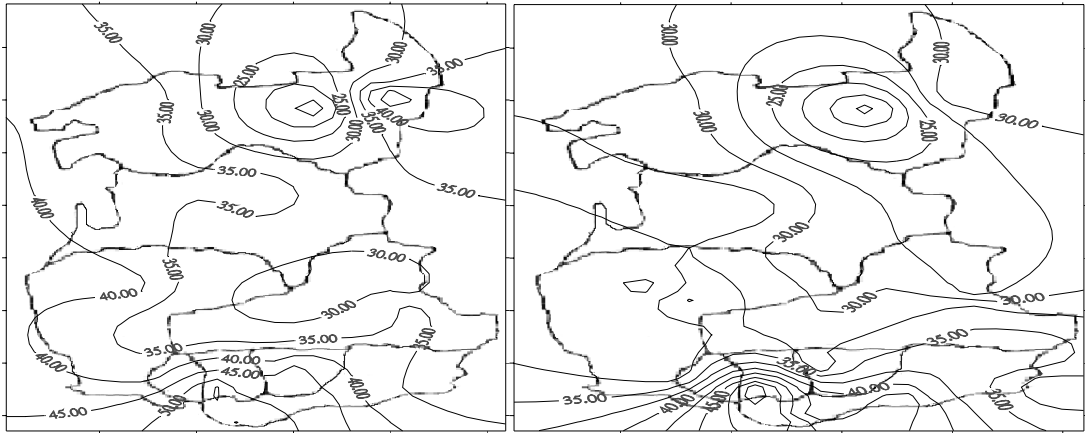


圖 5 三鹵甲烷等濃度圖—清晨時段(左圖)及傍晚時段(右圖)

四、結論與建議

在我們 2001 年 8 月至 2002 年 1 月所調查的區域，當自來水中的自由餘氯濃度低於飲用水水質標準時，所伴隨著消毒藥劑副產品(DBPs，如：總三鹵甲烷(TTHMs)、鹵化醋酸(HAAs))濃度也較標準值為低；這顯示自由餘氯是在殺菌的過程中被消耗的，而非形成副產品(DBPs)。當 DBPs 的濃度為低且細菌的濃度為高，則人們煮沸飲用水後再飲用就是一個有效且具成本效益的解決方案。在我們此次所調查的區域及時間內

，自由餘氯的濃度變化與水樣停留時間無關，這和先前的研究不同，而且也發現不論是輸水系統或儲水設施，都與自由餘氯濃度的下降有關。也因此建議為維護飲用水的水質，應該定期沖洗配水系統與儲水設施。

五、致謝

在此感謝台灣省自來水公司提供經費(高雄地區給水系統水質惡化原因之探討，TWSCWQ9002)。林財富與董正欽教授的協助也一併致謝。

六、參考文獻

1. Baribeau, H.; Prevost, M.; Desjardins, R.; and Lafrance, P. (2001). Changes in chlorine and Dox concentrations in distribution systems. *J. AWWA*, Vol. 93, Iss. 12, p18.
2. Boccelli, D. L.; Tryby, M. E.; Uber, J. G.; and Summers, R. S. (2003) A reactive species model for chlorine decay and THM formation under rechlorination conditions. *Wat. Res.* Vol. 37, No. 11, p2654.
3. Delahate, E.; Welté, B.; Levi, Y.; Leblon, G.; and Montiel, A. (2003) An ATP-based method for monitoring the microbiological drinking water quality in a distribution network. *Wat. Res.* Vol. 37, No.15, p3689.
3. Dukan, S.; Levis, Y.; Piriou, P.; Guyon, F.; and Villon, P. (1996) Dynamic modeling of bacterial growth in drinking water networks. *Wat. Res.* Vol. 30, No.9, p1991.
4. Haas, C. N.; Gupta, M.; Chitluru, R.; and Burlingame, G. (2002) Chlorine demand in disinfecting water mains. *J. AWWA*, Vol. 94, Iss. 1, p97.
5. Islam, M. R.; Chaudhry, M. H.; and Clark, R. M. (1997) Inverse modeling of chlorine concentration in pipe networks under dynamic condition. *J. Environmental Engineering*, Vol. 123, No. 10, p1033.
6. Kirmeyer, G. J.; Friedman, M.; Martel, K. D.; Noran, P. F.; and Smith, D. (2001) Practical guidelines for maintaining distribution system water quality. *J. AWWA*, Vol. 93, Iss. 7, p62.
7. Lou, J. C. (2002) The Investigation of Impacts of Distribution Systems on Drinking Water Quality in Kaohsiung City. Project Rept. of TWSC, Taiwan, ROC (in Chinese).
8. Martel, K. D.; Kirmeyer, G. J.; Murphy, B. M.; Noran, P. F. et al. (2002) Preventing water quality deterioration in finished water storage facilities. *J. AWWA*, Vol. 94, Iss. 4, p139.
9. Rodriguez, M. J.; and Sérodes, J. B. (1999) Assessing empirical linear and non-linear modeling of residual chlorine in urban drinking water systems. *Environmental Modelling and Software*. Vol.14, Iss.1, p93.

台水公司各地淨水場清水腐蝕指數調查

江弘斌¹ 吳美炷²

一、緣起與目的

台灣省自來水公司轄管台灣地區除金、馬、台北市以外地區之自來水業務，歷年來所供自來水水質合格率多在 99.5% 上下⁽¹⁾，供水中極少出現因腐蝕導致鉛、鎘、銅、鋅含量超過飲用水水質標準而致自來水水質不合格的問題，此主要係因目前供水已不或極少使用鉛、銅、鋅管緣故，而非表示管線內腐蝕問題不存在，但是偶而自來水會有鐵含量超過 0.3mg/L 限值，多因淨水處理不當、或自來水停滯過久供水管線內腐蝕導致出紅水等。另水公司轄管地區之地下水到地面水（或水庫水），由北到南，由島內到離島，存在著硬度不一、鹼度不一、pH 不一、溶氧不一、甚而氯鹽或硫酸鹽不一的差異性特質，其均會對既有管線內腐蝕造成不同程度影響。

近年來更由於島內與澎湖離島地區薄膜淨水場陸續的設立，薄膜濾後水由於 pH 值的降低及硬度與鹼度大幅降低，濾後水呈現較強的腐蝕性，導致澎湖地區鑄鐵管內襯水泥砂漿層溶解剝落，管線內出現積砂與紅水，以及水質濁度或總溶解固體量增加等跡象，此不

僅腐蝕傷及管線，也明顯影響供水品質，進而導致民怨。

事實上腐蝕問題無時不在，腐蝕是屬於自然進行的氧化還原反應，讓各種管材金屬透過自然進行的電化學反應回復到其各自穩定的電化學狀態，其速率可近乎停滯、緩慢或快速。自來水液中因存在著不一的導電度，有助於腐蝕反應的進行，惟雖管內腐蝕持續進行，腐蝕問題在自來水事業平常卻不甚引人注意，也因而常拖到問題呈現而不得不進行改善或維修時方才處理，澎湖內襯水泥砂漿層鑄鐵管腐蝕即是典型的案例。

有關自來水業界最常使用於評估自來水腐蝕程度者首推藍氏飽和指數法（Langelier Saturation Index, LSI）^(2,3,4)。先進國家美國自 1980 年訂定之國家暫行飲水規定修正案(NIPDWR Amendments)，即明訂所有社區的供水系統，須使用 LSI 指標作為水質腐蝕性的偵測，且必須向當地政府報告 LSI 數值⁽⁵⁾，日本亦於 1993 年公佈之飲用水標準中，建議供水單位以控制 LSI 指標作為研判水質腐蝕性的工具，其 LSI 值應控制於 -1.0~0.0 之間。荷蘭 KIWA 自

1. 台灣省自來水公司水質處工程師兼組長
2. 台灣省自來水公司水質處工程員

來水研究單位，對該國自來水廠之清水水質，建議 LSI 值控制於 $-0.2 \sim 0.3$ 之間，pH 範圍為 $7.8 \sim 8.3$ ^(4,6)。

影響 LSI 重要因子包括 pH、水溫、鹼度、鈣（硬度）、總溶解固體量，鑑於水公司各地水質特性不一，薄膜淨水場逐漸增設（導致出水鈣硬度、鹼度、總溶解固體量、pH 明顯降低而呈腐蝕性），加上第三階段飲用水水質標準（硬度、總溶解固體量可能降低）即將實施，為此乃擬定本計畫，期能建置水公司各淨水場清水 LSI 腐蝕指數背景資料，提供水公司相關單位防蝕及配合第三階段飲用水水質標準實施後相關淨水場防蝕之參考。

二、管線腐蝕概述

2.1 輸配水管種與腐蝕

自來水輸配水管線工程管材中，鑄鐵管(cast-iron pipe, CIP)或延性石墨鑄鐵管(ductile iron pipe, DIP，為鑄鐵管鐵中含少量鎂、鉀等)類為最傳統使用的金屬管材，另也常使用鋼管、鍍鋅鐵管（galvanized iron pipe）、預力混凝土管、PVC 塑膠管、PE 塑膠管、玻璃纖維管、石棉管、鉛管、銅管以及內襯水泥砂漿之金屬管材等^(7,8)，這些管材除塑膠管材內外壁較不易受到腐蝕外（但很怕有機溶劑），其餘各種使用管材

則均受不一程度腐蝕的困擾或威脅，而流經管線之自來水水質特性與管線內腐蝕與否則有關連。目前玻璃纖維管、石棉管、鉛管、銅管等管材水公司已無使用，最常使用者為鑄鐵管、延性石墨鑄鐵管、PVC 塑膠管以及內襯水泥砂漿之鑄鐵管材等。少數用戶內部管線可能仍有使用銅管或甚存在鉛管者。

2.2 管內壁腐蝕對健康、觀感衛生與經濟的影響^(4,6)

輸水管線內壁腐蝕會衍生健康、觀感衛生與經濟方面的問題，管內腐蝕產生之溶出物石棉、鉛、鎘、銅、鋅、鐵會造成健康或觀感衛生上的問題。石棉有導致腫瘤／肺癌之風險；鉛對腎臟、神經系統造成危害並對兒童具有高毒性；鎘對腎臟有急性之傷害；銅較高濃度時會刺激消化道而造成嘔吐、疼痛等症狀，並會產生銅綠與金屬味；鋅較高濃度時會產生金屬苦澀味；鐵較高濃度時會造成色度增加、紅褐色斑及金屬味等。環保署飲用水水質標準中對鉛、鎘、銅、鋅、鐵及色度分別為 0.05、0.005、1.0、5.0、0.3mg/L 及 5 Pt-Co unit⁽⁹⁾，美國環保署飲用水水質標準中對鉛、鎘、銅、鋅、鐵及色度分別為 treatment technology (action level 0.015mg/L)、0.005 mg/L、treatment technology (action level 1.3mg/L)、5.0 mg/L (secondary

standards)、0.3mg/L (secondary standards) 及 15 Pt-Co unit (secondary standards)，石綿 ($> 10 \mu\text{g}$) 則為 7 million fibers per litre⁽¹⁰⁾，並於 1991 年頒有 LCR (Lead and Copper Rule)⁽¹¹⁾，規定自來水業者必須以最佳可行技術去除或降低鉛、銅濃度以確保經配水系統至用戶設備之自來水中鉛、銅濃度不致影響人體健康。此外，由於配水系統的腐蝕產物遮隔了微生物之受到餘氯的傷害，使得微生物得以生存滋長，也會造成嗅、味、菌黏狀物等問題。在經濟方面，管內腐蝕影響管材使用壽命、增加熱水器置換率、增加漏水率、降低配水管壓因而增加泵水壓力及費用、需要增加防蝕費用、水質不合格導致之罰鍰、用戶之抱怨以及業者形象問題等。Singley 等於 1984 年估計美國供水與家庭管線腐蝕與修復每年超過七億美元⁽¹²⁾。

2.3 腐蝕原理

自來水常用管材常會因所埋設的外在環境 (土壤、空氣、水等) 引起管外之化學性腐蝕或因管線內所輸送水質的腐蝕性導致管線內面之腐蝕。腐蝕是讓各種管材金屬透過自然進行的電化學反應回復到其各自穩定的電化學狀態，其中陽極金屬釋放電子，陰極收受電子變成穩定的負離子。典型的鑄鐵管腐蝕機

制如圖 1 所示⁽⁶⁾常見的自來水管線腐蝕有下列數種：(1)均勻腐蝕、(2)電位差腐蝕、(3)點蝕與銹核瘤、(4)縫隙腐蝕、(5)沖蝕腐蝕及(6)生物腐蝕。而常見典型的腐蝕點蝕與銹核瘤機制則如圖 2 所示：

通常銹核瘤外部呈較軟銹黃色而內部呈較硬且深色；如果是銅管發生點蝕而產生銹核瘤，其形狀則較小且呈綠或藍綠色。此種腐蝕也常發生在貯存槽，當有水及空氣存在下，腐蝕沿水平面往下成長。

2.4 影響管線內腐蝕之重要因子⁽³⁾

影響管線內腐蝕之重要因子可分物理因子與化學因子，茲分別論述如下：

2.4.1 物理因子：

· 水流速：

水流速度高會使成垢 (scale forming) 物質或一些腐蝕抑制劑較有機會在管線內形成保護層而防止腐蝕，但高流速卻與沖蝕腐蝕 (erosion corrosion) 有關，銅管內部保護層常因此脫落，如配合有其他水中具腐蝕特性之物質則會加速其腐蝕惡化情形。水流速度高，也常會因高溶氧與管線內壁的接觸而造成腐蝕。水流速度過低亦常在供水系統造成腐蝕，近停滯的流水常會造成鐵管點蝕與銹瘤核的產生及微生物的滋生而造成紅水，因此要避免管線末端有死水產生，管線中水流速度亦不宜太低。

· 溫度：

化學反應因溫度提高而加快，理論上腐蝕反應也復如此，在嚴格控制條件下的腐蝕實驗結果的確如此。惟在實務上溫度對腐蝕卻可能是正面或負面，例如在常溫下不具明顯腐蝕性的水可能在高溫條件下對銅管或鑄鐵管造成嚴重的腐蝕結果；但有些系統則因有加熱除氧設計而導致內管壁腐蝕情形減少，有些系統原來不結垢的水因提高溫度導致內管壁結垢形成而降低了腐蝕（例如 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ ），日積月累卻塞阻了水管。

2.4.2 化學因子：

· pH：

pH 代表水中 H^+ 離子之濃度或活性，當金屬腐蝕釋出電子時， H^+ 為重要之電子接受者。pH 低於 5 時，鐵和銅快速均勻腐蝕，pH 大於 9 時，鐵和銅則被保護不致腐蝕，但也有例外情形。pH 5-9 之間，如無保護膜，則可能發生點蝕。

· 鹼度：

水中鹼度表示中和酸或鹼之能力，與飲水或自來水較為相關，在腐蝕化學扮演重要腳色的鹼度項為 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 、 $[\text{OH}^-]$ ，尤其 $[\text{HCO}_3^-]$ 與 pH 之改變與緩衝能力相關，可協助水管形成保護膜阻遏腐蝕發生。

· 溶氧：

水中溶氧濃度是影響金屬腐蝕速率之重要因子，氧為腐蝕反應之直接參與者，其扮演電子收受者之陰極，使腐蝕反應持續進行。典型例子為鐵管中金屬鐵被腐蝕為三價鐵造成沉積、點蝕、瘤核而於水流不穩定時沖流而出造成紅水現象。從防蝕的觀點，自來水配水管中溶氧濃度愈低愈好，惟在實務上不易達到，且對水質也有其負面。無氧的嫌氣環境造成硫酸鹽還原菌將硫酸鹽還原為硫化物而引起腐蝕。

· 餘氯：

氯氣溶於水中與水反應產生次氯酸、氯離子與氫離子，次氯酸為氧化劑，氯離子配合次氯酸會促成氧化還原反應的進行，亦會降低低鹼度水質的 pH，氯離子三項成份均會加速腐蝕，而自由有效氯比結合有效氯腐蝕性強。但在管線末端，有時卻因缺乏自由有效氯而導致微生物滋長加速腐蝕的案例。

· 氯與硫酸根離子：

氯與硫酸根離子可造成點蝕，而氯離子比硫酸根離子活性強。水液中氯或硫酸根離子濃度的增加會導致鐵管腐蝕速率的遽增，Larson 和 Skold 建議 $([\text{Cl}^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}]) / [\text{HCO}_3^-]$ 要小於 5⁽¹³⁾。氯離子為造成不銹鋼管點蝕之主要原因之一。

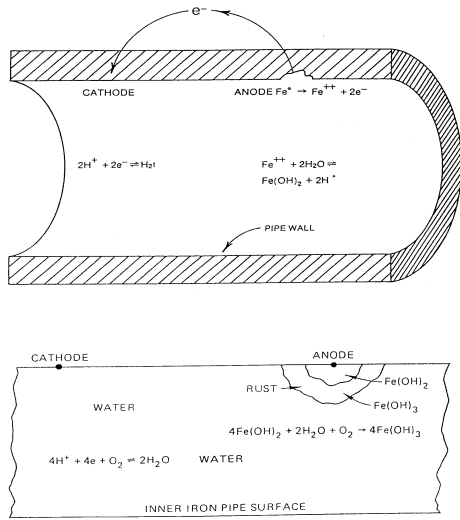


圖 1. 鑄鐵管之典型的腐蝕模式

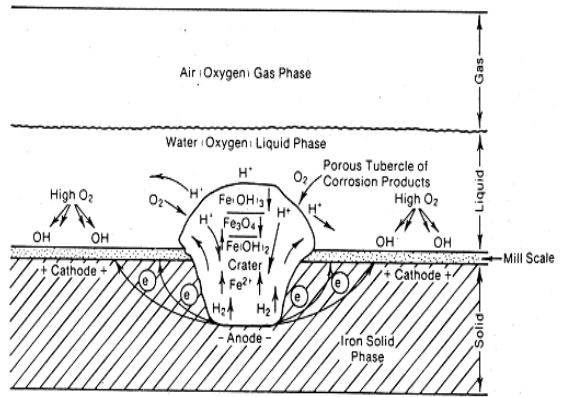


圖 2. 鐵管點蝕形成銹核瘤機制

· 總溶解固體量：

高水中總溶解固體量可增加電導度因而增加氧化還原電化學反應，腐蝕反應可能因而增快，但總溶解固體量亦可能增加防蝕保護層形成的機會。

· 硬度：

一般硬水中鈣、鹼度含量較高，因容易形成碳酸鈣保護層而較軟水不易腐蝕，高鈣濃度亦有助於內襯水泥砂漿金屬或石綿水泥管中矽酸鈣之穩定。

· 硫化氫：

硫化氫常因管內微生物滋生而產生，其會腐蝕金屬後與金屬離子形成無保護性之金屬硫化物，硫化氫會腐蝕鑄鐵管、鐵管、鋼管、銅管等。

2.5 輸水管線的腐蝕評估方法⁽⁶⁾

輸水管線的腐蝕程度評估方法，包含間接式與直接式兩類。間接式評估方法包括腐蝕指標法、化學分析法、用戶訊息法三種。間接式腐蝕評估方法中之腐蝕指數法，可研判水質是否具有腐蝕性，化學分析法若以腐蝕副產物為評估對象，則除了常見之 Ca^{2+} 、鹼度 (Alkalinity, ALK)、總溶解固體量(TDS)、pH 及溫度等水質項目，需進行檢測分析外，另對於管線內發現有紅棕色腐蝕副產物時，應增加水中鐵離子檢測，而對有黑色腐蝕副產物，則應監測水中的鐵及銅；此外，若以管材為對象，就鑄鐵管而言，則應監測鐵離子。至於用戶訊息法，係以自來水用戶之投訴資料為

主，由自來水事業單位依據投訴或問卷調查資料，進行統計分析，以推測腐蝕可能發生原因及地區。

上述間接式腐蝕評估方法中之腐蝕指數法中，以藍氏飽和指數 (Langelier Saturatuon Index, LSI) 法為自來水業界最廣泛應用之方法，其中(1)LSI 值 > 0 時，表示 CaCO_3 呈現過飽和狀態，形成水管內壁 $\text{CaCO}_3(\text{S})$ 沈澱保護膜，可避免腐蝕發生；(2) LSI 值 $= 0$ ，表示管內將不會腐蝕也不會有 $\text{CaCO}_3(\text{S})$ 沈澱產生；(3) LSI 值 < 0 時，則顯示管內會形成腐蝕情況。至於想確切掌握腐蝕狀況或腐蝕速率，則需藉由直接式腐蝕評估方法方可達到目的，而最普遍採用則是試片 (coupon) 重量損失法。

三、調查研究方法與檢測項目

3.1 調查研究方法

本腐蝕指數調查研究計畫，採目前自來水業常用之藍氏飽和指數法 (Langelier Saturation Index, LSI)。本計畫採用美國水及廢水檢驗標準 (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) 及美國自來水協會 (American Water Works Association) 資料之兩種計算式分別估算之^(2,14)。

3.2 檢測項目

涉及計算所需水質項目檢測方法如

表 1 所示：

水質檢項	分析方法
pH	NIEA W424.51A
Temp	NIEA W217.51A
HCO_3^{3-}	NIEA W449.00B
TDS	NIEA W210.56A
Alk	NIEA W449.00B
Ca^{2+}	Standard Methods

四、結果與討論

4.1 LSI 飽和指數 Standard Methods 法與 AWWA 法

LSI 飽和指數 1936 年由 Langelier 提出，Standard Methods 2330B 方法中 LSI 指標值之計算公式如<1>式所示，式中 pH、 pH_s 分別表示水中 pH、水中既存鈣離子濃度及氫碳酸離子濃度與碳酸鈣達到平衡時之 pH 值。

其中有關 pH_s 的計算方式，美國水及廢水檢驗標準 (Standard Methods) 及美國自來水協會 (AWWA) 資料之兩種計算式估算，其計算方法分述如下。

Standard Methods 計算法：

鈣離子濃度 (Ca^{2+})、氫碳酸根 (HCO_3^-)、溫度 (T)、總溶解性固體物 (TDS) 皆會影響 pH_s ，Standard Methods (19th, 1995) 資料所採用之。

pH_s 值計算如<2>式所示：

$$LSI = pH - pH_s \dots\dots\dots(1)$$

$$pH_s =$$

$$pK_2 - pK_s + p[Ca^{2+}] + p[HCO_3^-] + 5 pfm \dots(2)$$

公式 2 中 $[Ca^{2+}]$ 及 $[HCO_3^-]$ 單位均為 mole/L，因此要特別注意檢驗出來的 $[Ca^{2+}]$ 及 $[HCO_3^-]$ 究竟是以 mg/L 或以 mg/L as $CaCO_3$ 為單位以及其換算為 mole/L，以求正確。有關 pfm 算法可參看 Standard Methods,可以 Excel 寫成之 Macro 速算之。

AWWA 計算法:

本計算係由美國自來水協會 (AWWA)針對小型社區供水系統 (Small Utility Network)，經輸入 Ca、溫度、ALK、TDS 等項目數值後，即可計算出 pH_s 值(AWWA 網站, 2003)及 LSI 值，其水質項輸入運算首頁如下：

LANGELIER INDEX	
ENTER VALUES BELOW	CALCULATED DATA
Cal (CaCO ₃): <input style="width: 100%;" type="text"/>	Ionic Strength: <input style="width: 100%;" type="text"/>
pH: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Activity coeff (m): <input style="width: 100%;" type="text"/>
Temp (°C): <input style="width: 100%;" type="text"/>	Activity coeff (d): <input style="width: 100%;" type="text"/>
Alk (CaCO ₃): <input style="width: 100%;" type="text"/>	Ca (moles/l): <input style="width: 100%;" type="text"/>
TDSS: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Alk (moles/l): <input style="width: 100%;" type="text"/>
LANGELIER INDEX	
<input style="width: 100%;" type="text"/>	
<p>The LI should be used only as one of several pieces of data to indicate corrosivity or noncorrosivity. Co-operative Research Report, Internal Corrosion of Water Distribution Systems, AWWARF DVGW-TEW. Langelier Index Authored by Bob Clement, USEPA</p>	
	pK ₂ : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	K ₂ : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	K _{2b} : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	pK _{2b} : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	pK _s : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	K _s : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	K _{sb} : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	pK _{sb} : <input style="width: 100%;" type="text"/>
	pCa: <input style="width: 100%;" type="text"/>
	pH _s : <input style="width: 100%;" type="text"/>

上述計算式原始碼可上該網站於其 Menu 檢視\原始檔中查看之。其中輸入之 $[Ca^{2+}]$ 及[Alkalinity]均以 mg/L as $CaCO_3$ 表示者

LSI 計算法歷經數十年演進修改，道理雖一卻有不一的演算法。Standard Methods LSI 計算法曾歷經修改，但其方法出爐過程嚴謹，推出的方法除需經過審查委員會審查外，亦透過暫定試用版的使用與回應後再探討，再將正式版定案。最近幾版的 Standard Methods LSI 計算法已列為正式方法且沒有再修訂，應已邁入穩定成熟期，是以本腐蝕指數調查所列 LSI 資料以依 Standard Methods LSI 計算法為主。另鑑於 AWWA 於網路上公開陳列的方法因已納入運算程式，只要輸入數項水質資料即可快速求得 LSI 值，堪稱好用，故亦納入。

4.2 各淨水場清水 LSI 指數調查結果及討論

依各區管理處所送資料經彙整及電腦程式運算後所得結果如附錄各表所即可快速求得 LSI 值，堪稱方便好用，所需用到水質檢項與 Standard Methods LSI 計算法也雷同，故本計畫亦納入

AWWA 法所求得之 LSI 資料。值得注意的是前法中 $[Ca^{2+}]$ 及 $[HCO_3^-]$ 以 mole/L 單位輸入計算，後法中 $[Ca^{2+}]$ 及示。經計算得之 LSI 資料顯示 AWWA 法所求得之 LSI 值比 Standard Methods LSI 求得之值更為負值，二者之間有明顯差異，其差異值約在 0.1~0.2 之間。如前所述，Standard Methods LSI 之算法成熟嚴謹，本計劃之結果討論等將以求得之 Standard Methods LSI 數據為主，AWWA 法所求得之 LSI 值則做為比對參考。表 2 為水公司各區處淨水場清水較具腐蝕性之名稱一覽表彙整總表，LSI 平均值依 ≤ -3 、 $-3\sim-2$ 、 $-2\sim-1$ 詳列如下，至於 LSI 平均值 ± 1 者因較無腐蝕性，不列於表 2，LSI 平均值 ≥ 1 以上（ $CaCO_3$ 明顯過飽和者）之淨水場者則並未見到。

依綜整所得數據研析：

水公司轄區涵蓋台灣島內及離島，一般而言，島內中央山脈兩邊地區 LSI 值北部 $<$ 中部 $<$ 南部，顯示北、中、南水質特性是有其差異，西台灣尤其濁水溪以南，LSI 值趨近零或轉為正值。東台灣以宜蘭地區各淨水場 LSI 平均值較低，多為負值，花蓮、台東地區各淨水場 LSI 平均值則趨向零或為正值，苗栗以南大部份地下水水質因鈣、硬度含量增加而致 LSI 值趨近零或轉為正值，但

表 2. 水公司各區處淨水場清水較具腐蝕性之名稱一覽表

LSI 平均值	區 處	淨 水 場 名 稱
≤-3	七	成功海淡
-3~-2	一 二 三 四 七	二坪、六堵 大溪 三義 東勢新社、埔里大平頂、清水清水 烏崁、泰山、廣興
-2~-1	一 二 三 四 五 六 七 八 九 十 十一 十二	湧泉、老梅、三芝、樹興、興華、萬里、林庄、中幅、員山、貢寮、暖暖、安樂、白雲、石碇、坪林、烏來、平溪、新山 大湳(第一、第二)、復興、平鎮 水美、尖石 東勢谷關、埔里(第一、二、三、五)、沙鹿龍井山頂區、沙鹿(遠太、明秀、沙鹿)、大雅忠義、竹山坪頂、草屯(第二、三、四)、草屯營盤口、水里地利、大甲(順天、第一、外埔、頂店)、南投(三興、永興、南崗、嘉和第二) 斗六 成功、霧台、德文、望安、白沙鹽井海淡 深溝、枕山、大溪、龍潭、丸山、蘇澳、碧候、松羅 倡和、田中、社頭 板新(第一、第二、第三)

也有例外情形，例如三區處之三義，四區處之新社，十一區處之社頭等。

離島澎湖地區飲用水來源不外乎水庫水、地下水及經薄膜處理後出水，後者多與非經薄膜處理之出水混合消毒後供水。一般而言，澎湖水庫水、地下水源經非經薄膜處理後供水 LSI 值近乎 ± 1 ，無明顯腐蝕問題。而成功鹽井水海淡廠出水、拷潭薄膜後水 LSI 值分別達-3.707 及-2.798，具強烈腐蝕性。成功清水 LSI 平均值達-1.825，主要係受成功薄膜廠出水水質特性（PH、鈣、氫碳酸鹽均低）影響，其雖有與部份非薄膜廠出水混合，但其清水 LSI 值明顯仍具腐蝕性，宜改善水質調整 LSI 值至 ± 1 內為適當，白沙鹽井水海淡廠及烏坎清水亦復如此。望安清水 LSI 平均值-1.342，比成功清水 LSI 平均值趨向正值，惟其個別 LSI 值為負，且跳動幅度頗大，仍應加強調整改善其水質以降低腐蝕性。綠島清水因係當地淡水經傳統處理出水，其 LSI 平均值為-0.626，尚在可接受之範圍。

LSI 數據顯示水公司尚無淨水場清水 LSI 平均值 ≥ 1 以上（ CaCO_3 明顯過飽和者）者，而第三階段飲用水水質標準如將硬度、總溶解固體量大幅降低，會使水公司不少淨水場不得不改用薄膜處理，以降低鈣、硬度、鹼度、總溶解

固體量，甚而 pH 等，卻大幅提高了清水的腐蝕性，產生浪費水資源及腐蝕性清水需再處理之負面影響。

4.3 輸配水管線內部腐蝕控制^(3,6,15,16,17)

輸配水管線內部腐蝕控制可以(1)調整改良水質(2)使用抗腐蝕材料之塗佈或襯裡(3)適當的選用管材及系統設計(4)提供陰極保護(5)使用腐蝕抑制劑等。惟在既有廣大的供水管線系統內，當以調整改良腐蝕性水質所花費用較少，較容易執行。在實務上，通常執行方式則以提高水中 pH、鈣硬度及鹼度為方向，使改良後之 LSI 值略呈正值。對於鈣硬度及鹼度在 $40\text{mg as CaCO}_3/\text{L}$ 或以上者，可以嘗試以加鹼方式調高水中 pH 使改良後之 LSI 略呈正值。但在低鈣硬度及鹼度的水中則需提高水中 pH、鈣硬度及鹼度，因單獨加鹼因水液緩衝能力（或強度）太低，只要略加鹼 pH 即跳升，且調高 pH 至相當高仍是無效，無法產生 CaCO_3 過飽和情形。至於 CO_2 過多的地下水有時需要適度氣曝後再加鹼或石灰水或與碳酸鈣鎂礦石接觸，惟氣曝造成水中溶氧增加，對腐蝕造成負面影響。Merrill 和 Sanks 曾以 Caldwell-Lawrence water conditioning diagrams 舉例說明加藥調整以進行腐蝕控制；林建財和李自強則對蘇澳具腐蝕性水源之清水進行五種方法測試，其中

方法(1)加入消石灰及方法(2)淨水+多盤式氣曝+白雲石(含氧化鎂之碳酸鈣石)過濾,二者均使 pH 得以提升,鈣、鹼度、總溶解固體量得以補充,使清水水質 LSI 值轉正,而所需費用較低者。林則昌與葉宜顯另對澎湖烏坎海淡廠腐蝕性出水進行石灰、礦物塔和碳酸氫鈉防蝕試驗,並予以防蝕探討,得到以礦物塔成本最低,石灰防蝕系統居次的結論。加石灰乳方法需考慮可能增加供水濁度的問題,需考量讓腐蝕性清水和石灰乳有較緩的流速及充分的反應時間,使石灰乳溶於水中。至於流經碳酸鈣鎂礦石的方法則需注意流速不要過快及礦石粒不要過大,使腐蝕性清水和礦石粒得以充分反應。具腐蝕性清水亦得以複磷酸鹽系列等抗腐蝕劑處理之,惟其將明顯增加產水成本,排放的生活廢水因磷等的含量增加而對河川湖泊等水質造成負面影響。

五、結論與建議

1. 透過水公司各區處檢驗人員的協助,首次建立各淨水場清水 LSI 完整背景資料,詳如附表。經計算 LSI 資料顯示 AWWA 法所求得之清水 LSI 值比 Standard Methods LSI 求得之值更為負值,二者之間有明顯差異,其差異值約在 0.1~0.2 之間
2. 水公司已蒐建快速計算 LSI 算法,如有相關水質數據,一經鍵入電腦可即時求得 LSI 值。

3. 成功海淡廠出水 LSI 值 ≤ -3 , 為最具腐蝕性的水樣,顯示出薄膜後水 pH、鈣、硬度、鹼度與總溶解固體量均低的特性。
4. 一般而言,台灣島內中央山脈兩邊地區 LSI 值北部 < 中部 < 南部,顯示北、中、南水質特性是有其差異,西台灣尤其濁水溪以南,LSI 值趨近零或轉為正值。
5. 苗栗以南大部份地下水水質因鈣、硬度含量增加而致 LSI 值趨近零或轉為正值,但也有例外情形。
6. 離島地區地表水、水庫水、地下水源經非經薄膜處理後供水 LSI 值近乎 ± 1 , 無明顯腐蝕問題,但離島地區有經薄膜處理後供水具腐蝕性,均呈明顯負 LSI 值。
7. 第三階段飲用水水質標準如將硬度、總溶解固體量大幅降低,會迫使水公司不少淨水場不得不改用薄膜處理,以降低鈣、硬度、鹼度、總溶解固體量,甚而 pH 等,卻大幅提高了清水的腐蝕性,產生浪費水資源及腐蝕性清水需再處理之負面影響。
8. 腐蝕性清水之調整改善以礦物塔法及加石灰法為成本較低之可行方法。

六、致謝

感謝弘光科技大學黃文鑑老師告知 AWWA(SUN) 網站,水公司資訊中心尤志豐協助摘錄 AWWA(SUN)計算 LSI 的原始碼,中興顧問社林則昌及其研究群

提供 AWWA(SUN)計算 LSI 原始碼的程式計算解說及提供 Standard Methods 計算 LSI 之 Macro。在此並感謝水公司各區處參與 LSI 水質項目檢測之相關人員，使得本調查報告得以順利完成。

七、參考文獻

- 1.台灣省自來水公司水質處內部資料。
- 2.APHA,AWWA,WEF,Standard methods for the Examination of Water and Wastewater, Method 2330B , 20th Edition, American Public Health Association, Washington D.C.,1998.
- 3.F.W.Pontius, Water Quality and Treatment, Chapter 17, 4th Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1990.
- 4.康世芳,黃文鑑,王根樹,自來水管線腐蝕之檢討與防蝕策略,中華民國自來水協會,2003.
- 5.“National Interim Primary Drinking Water Regulations”, Fed. Reg., 45: 168: 57332, 1980.
- 6.林則昌,葉宣顯,澎湖烏坎海淡廠出水最佳經濟防蝕方式暨符合第三階段飲用水水質標準之研究,財團法人中興工程顧問社,2004.
- 7.自來水工程設計指南草案(一),中華民國自來水協會技術研究委員會,1982.
8. Water Treatment Principles and Design, James M. Montgomery, Consulting Engineers, Inc., John Wiley & Sons, New York, 1985.
9. 行政院環保署,安全飲用水,第三版,2003.
- 10.F. W. Pontius, Regulatory Compliance Planning to Ensure Water Supply Safety, J. AWWA,94:3:53 (2004).
11. USEPA, 1991a, Lead and Copper. Final Rule, Fed. Reg., 56:110: 26460(1991).
- 12.J. E. Singley, B. A. Beandet, P. H. Markey, Corrosion Manual for Internal Corrosion of Water Distribution Systems, 1984(http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=6808456).
- 13.T.E. Larson and R.V. Skold, "Corrosion and Tuberculation of Cast Iron", J. AWWA, 49:10: 1294(1957).
- 14.<http://www.awwa.org/science/sun/langelier.cfm>.
- 15.D.T. Merrill and R.L. Sanks, Corrosion Control by Deposition of CaCO₃ Films, J. AWWA, 69:11:592 (1977).
- 16.林建財,李自強,蘇澳供水水質腐蝕性之調查及改善研究報告,來水會刊雜誌,16:75(1985).
- 17.自來水設施操作維護手冊,中華民國自來水協會,1993。

附表

水公司各區處淨水場清水蘭氏飽和指數
(LSI)2004 季調查年平均結果一覽表

LSI 計算 淨水場名稱	AWWA (SUN)法	Standard Methods 法
一區處		
湧泉	-1.666	-1.498
老梅	-2.015	-1.845
三芝	-1.445	-1.279
樹興	-1.428	-1.244
興華	-1.392	-1.206
萬里	-1.937	-1.760
林庄	-1.544	-1.370
中幅	-1.458	-1.277
二坪	-2.643	-2.461
員山	-1.595	-1.423
貢寮	-1.728	-1.565
暖暖	-1.928	-1.757
安樂	-1.410	-1.246
六堵	-1.970	-1.792
白雲	-1.729	-1.574
石錠	-1.587	-1.180
坪林	-1.950	-1.766
烏來	-2.055	-1.860
平溪	-1.501	-1.321
新山	-1.881	-1.666
十二區處		
板新一、二期	-1.458	-1.268
板新三期	-1.313	-1.121

泰山	-1.258	-1.078
二區處		
大湳一期	-1.372	-1.194
大湳二期	-1.213	-1.042
大溪	-2.876	-2.704
復興	-1.576	-1.379
平鎮一期	-1.159	-0.974
平鎮二期	-1.187	-1.002
石門	-0.903	-0.741
龍潭	-1.035	-0.827
三區處		
明德	-0.964	-0.782
苗一	-0.723	-0.550
苗三	-0.998	-0.821
苗四	-1.167	-0.999
大湖	-0.567	-0.379
公館	-0.692	-0.526
中興	-0.303	-0.134
三義	-2.765	-2.585
水美	-1.668	-1.487
草寮	-1.128	-0.950
八股	-0.927	-0.741
裕隆	-0.818	-0.620
東興	-0.407	-0.228
南庄	-0.650	-0.476
第一	-0.652	-0.479
第二	-0.656	-0.495
湳雅	-0.674	-0.492
芎林	-0.372	-0.211
埔快	-0.223	-0.075
埔慢	-0.255	-0.077

關西	+0.196	+0.383
寶山	-0.245	-0.055
員峽	-0.198	-0.003
南坑	-0.505	-0.294
五峰	-0.061	+0.166
內灣	-0.475	-0.271
尖石	-1.296	-1.071
梅花	-0.995	-0.783
四區處		
東勢卓蘭	-0.322	-0.112
東勢谷關	-0.667	-0.467
東勢梨山	-0.199	+0.018
東勢慶東	-0.876	-0.694
東勢新社	-2.614	-2.440
東勢東勢	-0.738	-0.570
烏日喀裡	-0.090	+0.076
烏日烏日	-0.629	-0.451
霧峰坑口	-0.518	-0.364
霧峰霧峰	-0.500	-0.353
埔里日月潭	+0.417	+0.703
埔里公林	-1.199	-0.984
埔里德化	+0.193	+0.361
埔里東光	-0.915	-0.711
埔里第一	-1.894	-1.727
埔里第二	-1.186	-1.019
埔里第三	-1.752	-1.580
埔里第五	-1.367	-1.198
埔里籃城	-1.103	-0.936
埔里大旗尾	-0.292	-0.113
埔里大平頂	-2.152	-2.006
埔里春陽	+0.235	+0.406
沙鹿福山	+0.425	+0.581

沙鹿龍井 山頂區	-1.869	-1.710
沙鹿大肚	-1.127	-0.971
沙鹿龍井	-0.803	-0.652
沙鹿遠太	-2.089	-1.913
沙鹿明秀	-1.871	-1.706
沙鹿沙鹿	-1.833	-1.678
大雅忠義	-1.876	-1.715
大雅神岡	-0.841	-0.673
大雅公館	-0.789	-0.616
大雅上楓	-0.747	-0.562
霧峰舊正	-0.804	-0.659
鯉魚潭一期	-0.449	-0.284
鯉魚潭二期	-0.615	-0.427
鯉魚潭舊社	-0.437	-0.209
豐原一場	-0.610	-0.439
豐原二場	-0.954	-0.772
竹山鹿谷	-0.099	+0.076
竹山坪頂埔	-0.234	-0.079
竹山竹山	-0.683	-0.477
竹山瑞竹	-0.443	-0.261
竹山坪頂	-1.224	-1.037
草屯第四	-1.353	-1.193
草屯第三	-1.402	-1.243
草屯第二	-1.287	-1.128
草屯第一	-0.192	-0.031
草屯林子頭	-1.002	-0.851
草屯營盤口	-1.386	-1.230
水里信義	+0.207	+0.400
水里人倫	+0.018	+0.168
水里地利	-1.715	-1.550
水里水里	-0.052	+0.104
水里集集	+0.001	+0.167

水里羅娜	-0.223	-0.022
大甲順天	-1.506	-1.345
大甲第一	-1.513	-1.350
大甲外埔	-1.667	-1.497
大甲頂店	-1.374	-1.210
清水清水	-2.166	-2.013
南投三興	-1.860	-1.699
南投永興	-1.696	-1.539
南投南崗	-1.733	-1.575
南投新街	-0.382	-0.226
南投粗坑	+0.337	+0.497
南 投 嘉 和 第二	-1.431	-1.273
南投嘉和	-0.588	-0.412
十一區處		
員林第一	-1.087	-0.932
員林第二	+0.197	+0.356
員林第三	-0.446	-0.294
二林	+0.542	+0.701
二林竹塘	+0.507	+0.663
芳苑	+0.537	+0.695
花壇	-0.221	-0.065
大村第一	-0.035	+0.124
大村第二	-0.048	+0.110
北斗第一	-0.611	-0.446
北斗第二	+0.357	+0.516
埤頭	+0.324	+0.481
永靖	+0.447	+0.599
埔心	+0.677	+0.829
下壩	+0.704	+0.863
倡和	-1.803	-1.636
田中	-1.590	-1.430

社頭	-1.485	-1.324
鹿港	-0.010	+0.131
秀厝	+0.303	+0.443
溪湖第一	+0.377	+0.529
溪湖第二	+0.317	+0.471
福興	+0.158	+0.306
彰化第三	+0.048	+0.200
和美	-0.221	-0.077
全興	-0.069	+0.076
打鐵厝	+0.211	+0.346
五區處		
北港(二)	+0.238	+0.375
元長(二)	+0.483	+0.615
土庫	+0.490	+0.633
馬光	+0.345	+0.487
麥寮	+0.504	+0.637
三條崙	+0.488	+0.615
四湖	+0.341	+0.469
新興	+0.425	+0.518
新港	+0.413	+0.555
水林	+0.337	+0.465
拔仔腳	+0.353	+0.497
褒忠	+0.503	+0.639
古坑	-0.372	-0.235
梅山(二)	-0.378	-0.217
大林第一	+0.047	+0.210
大林第二	-0.855	-0.699
竹崎	+0.391	+0.554
中埔	+0.573	+0.741
大埔	+0.511	+0.672
吳鳳	-0.028	+0.225
阿里山	-1.153	-0.865

石卓	-0.652	-0.410
觸口	+0.547	+0.704
樂野	-0.799	-0.590
蘭潭	+0.239	+0.378
公園	+0.103	+0.265
水上	+0.012	+0.157
虎尾(一)	+0.080	+0.227
虎尾(二)	+0.348	+0.496
西螺	+0.358	+0.512
荊桐	-0.083	+0.070
林內	+0.170	+0.325
石榴	-0.551	-0.400
斗六	-1.300	-1.136
斗南(一)	-1.013	-0.867
斗南(二)	-0.194	-0.038
石龜	-0.141	+0.007
大埤	+0.115	+0.263
崙背	+0.586	+0.737
二崙	+0.823	+0.969
番社	+0.773	+0.926
南昌	-0.580	-0.437
阿丹	-0.867	-0.695
崁腳	-0.782	-0.639
平和	+0.510	+0.665
六區處		
鏡面	-0.206	-0.045
南化	-0.159	-0.012
楠玉	-0.339	-0.174
烏山頭	-0.280	-0.130
白河	-0.170	-0.019
潭頂	-0.322	-0.165

七區處		
嶺口	+0.168	+0.324
澄清湖	-0.147	+0.002
拷潭	-0.240	-0.088
翁公園	-0.391	-0.240
坪頂	-0.349	-0.208
鳳山	-0.604	-0.455
成功	-1.967	-1.825
吉貝	+0.651	+0.782
紅羅供水站	+0.293	+0.430
林投供水站	-0.331	-0.196
屏東	+0.204	+0.371
信國	-0.229	-0.061
三地	-0.589	-0.416
瑪家	-0.862	-0.664
霧台	-1.315	-1.103
霧大	-0.773	-0.557
北勢	-0.777	-0.620
德文	-1.402	-1.174
大慶	+0.156	+0.309
三和	-0.397	-0.239
鳳山(工業)	-0.766	-0.627
成功井海淡	-3.858	-3.707
高士	-0.341	-0.179
牡丹	-0.467	-0.307
桑園	-1.094	-0.930
餉潭	-0.490	-0.316
四春	-0.199	-0.056
文樂	+0.106	+0.271
林邊	-0.198	-0.040
琉球	-0.176	-0.032
春日	-0.445	-0.267
枋寮	-0.093	+0.063

潮新	-0.193	-0.021
美濃	+0.051	+0.203
六龜	+0.071	+0.236
新威	+0.022	+0.191
廣興	-0.182	-0.030
寶來	+0.071	+0.243
梅蘭	-0.208	-0.013
勤和	+0.005	+0.211
南和	-0.117	+0.057
士文	+0.285	+0.449
武潭	-1.065	-0.904
佳興	+0.045	+0.206
萬安	-0.418	-0.261
來義	-0.028	+0.133
力里	-0.100	+0.074
七美	-0.555	-0.395
七美鹽井 海淡	-0.944	-0.813
拷潭薄膜 後水	-2.971	-2.798
西嶼	-1.065	-0.916
烏崁	-2.840	-2.675
白沙	+0.137	+0.288
高樹	+0.122	+0.291
泰山	-2.401	-2.233
廣興	-2.718	-2.551
新豐	-0.119	+0.048
茂林	-0.345	-0.182
多納	-0.429	-0.262
旗山	+0.303	+0.458
甲仙	+0.402	+0.554
寶隆	+0.420	+0.573
民族	-0.027	+0.152

民生	-0.091	+0.081
木梓	+0.166	+0.322
望安	-1.508	-1.342
白沙鹽井 海淡	-2.016	-1.886
八區處		
深溝	-1.252	-1.052
枕山	-1.240	-1.061
圳頭	-1.174	-0.985
四季	-0.150	+0.069
南山	+0.524	+0.761
大溪	-1.469	-1.280
龍潭	-1.337	-1.158
廣興	-1.009	-0.834
丸山	-1.314	-1.140
寒溪	-0.784	-0.589
蘇澳	-1.183	-1.006
東澳	-0.820	-0.599
金洋	-0.623	-0.457
澳花	-0.262	-0.082
碧候	-1.337	-1.160
柑仔坑	-0.894	-0.706
天送埤	-0.553	-0.376
大隱	-1.153	-0.980
松羅	-1.245	-1.040
英士	-0.595	-0.406
九區處		
和平	-0.045	+0.139
崇德	-0.148	+0.028
富世	+0.049	+0.233
娑婆礁	+0.016	+0.201

南華	-0.033	+0.140
國慶	-0.137	+0.038
北昌	-0.100	+0.068
光華	-0.001	+0.179
稻香	+0.263	+0.437
北林	-0.287	-0.107
鳳林	-0.414	-0.227
光復	-0.324	-0.158
新社	-0.304	-0.133
港口	+0.055	+0.215
池南	-0.015	+0.162
荖溪	+0.167	+0.345
水璉	+0.360	+0.514
富源	+0.066	+0.235
三笠山	+0.233	+0.405
玉里	-0.380	-0.209
松浦	-0.222	-0.064
明里	+0.216	+0.383
太平	-0.145	+0.021
內溫泉	+0.081	+0.251
舞鶴	-0.229	-0.089
十區處		
利嘉	+0.583	+0.753
泰安	+0.719	+0.885
綠島	-0.784	-0.626
東清	+0.288	+0.455
成功	-0.204	-0.043
東河	+0.806	+0.975
泰源	+0.389	+0.560
都蘭	+0.441	+0.608
水母	+0.293	+0.459
知本	-0.080	+0.082

太麻里	-0.386	-0.216
金崙	+0.277	+0.450
嘉蘭	+0.329	+0.497
壠坵	+0.273	+0.447
大武	-0.587	-0.416
森永	-1.047	-0.866
安朔	-0.783	-0.605
大溪	-0.298	-0.121
新化	-1.282	-1.096
愛國埔	-0.382	-0.211
土板	+0.019	+0.193
斑鳩	+0.699	+0.870
初鹿	-0.409	-0.234
鹿野	+0.491	+0.651
桃源	+0.461	+0.654
瑞豐	-0.048	+0.124
池上	+0.016	+0.192
關山	+0.638	+0.809
海端	+0.591	+0.769
振興	-0.203	-0.026
利稻	+0.187	+0.391
台東鯉魚井	+0.450	+0.622
台東馬蘭井	+0.286	+0.453
台東四維井	+0.481	+0.654
台東豐里井	+0.251	+0.418
台東中華井	+0.226	+0.405

以線上監測水質異常案例探討管網水質維護

黃惠玉*

一、前言

近年來由於民眾品質意識不斷提昇，對自來水水質要求已由過去逆來順受有水用即可，轉為要求提供零缺點高品質之飲用水及服務；因此如何及時掌握水質問題，迅速處理並進而採取防範措施，實為當務之急。本篇擬藉供水管網水質異常案例之探討，以提供借鏡與省思。

美國每年約有 25% 的水媒疾病案例，係由於輸配水管網缺失所致⁽¹⁾，故美國地表水處理法則 (Surface Water Treatment Rule) 已建立多重屏障 (Multiple Barriers Concept) 的觀念，除「水源維護」及「淨水處理」二環節外，並將「配水管網」視為用戶水龍頭用水前之最後一道防線（註：台灣地區間接用水普遍，應再加上「用戶用水設備」這道關卡）；然而近年來管線老舊問題已成為各自來水事業的惡夢⁽²⁾，隨著淨水處理操作管理精緻化及管線老舊，由圖 1 可知水媒疾病肇因比例由以往淨水處理問題為主，明顯已轉變為管網問題遞增而淨水問題遞減之趨勢⁽³⁾。因此，水質多重屏障的最後一道關卡—管網水質

維護儼然已成為今後自來水水質管理最重要的一環⁽⁴⁾。

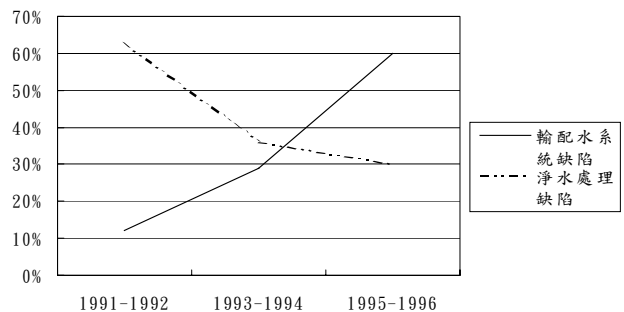


圖 1 美國公共給水系統水媒疾病發生率與生產及供水系統缺失的相關性⁽³⁾

二、線上水質監測

管網系統中之污染事件經常為瞬間發生，不易為例行性採樣檢驗所覺察，因此藉線上水質偵測訊號，來即時掌握水質變化對供水品質可增加一分保障。

偵測站之設置需考量事項包括：監測目的、偵測站設置地點、電腦監視系統、取樣系統、偵測器種類、偵測器維校及系統維護成本等。水質監測系統之操作維護包括：偵測站及設備維修、偵測器及記錄器檢查、維校、故障排除、及準確數據之取得。為確保監測數據之

*臺北自來水事業處 水質中心 副工程司

品質，偵測水樣必須具代表性，此外偵測器必須定期維校以確保正常運作，現場維校時需記錄維校前後、零點偏移及 span 偏移等數據，當數值偏差超過允許誤差範圍時需以標準液重新進行維校(6)。

三、北水處水質監測系統現況介紹

以臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)之水質監測系統^(7,8)為例，水質與水壓是評估供水品質的兩個重要條件，正統做法應是就管網水壓區之分佈來佈設水質監測站，對整個管網有系統地作水質監測或預測；甚至進一步結合水力模式分析來評估或推測供水管網水質狀況⁽⁹⁾。由於北水處管網資訊及水力分析資訊有限，尚不足以引導水質監測，水質偵測站設置大體是儘可能平均分佈於供水管網，隨時掌握供水區水質狀況並回饋相關操作維護單位，以維護供水品質。

水質監測系統共有 61 處監測站，分別設於原水取水口、各淨水場、及供水管網代表點，如圖 2 所示。其中有九座水質資訊站分別設於捷運站台北車站、忠孝復興站、頂溪站、中正紀念堂站、石碑站、淡水站、大坪林站、及木柵動物園與市政大樓，提供即時生飲台水質及宣導訊息。

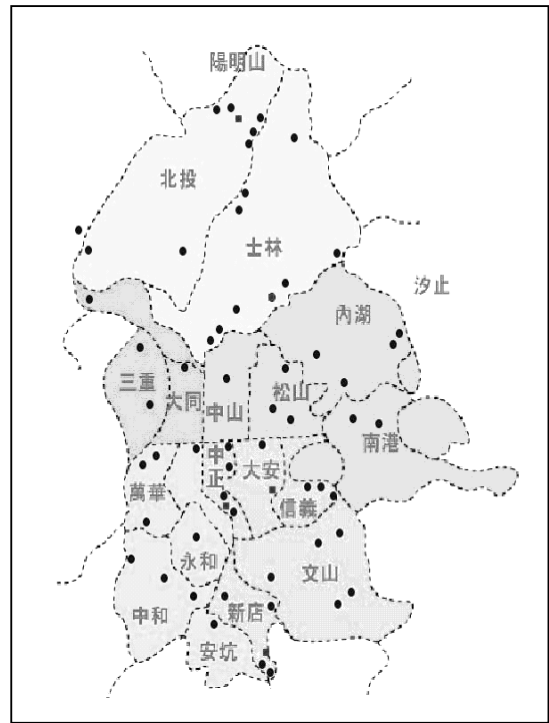


圖 2 水質監測系統偵測站分佈圖

全流程監測項目及功能如圖 3 所示，包括：集水區(降雨量)、取水口、淨水處理流程及配水管網代表點，其中降雨量係與淡水河防洪預報中心連線，俾藉由預警而提前因應颱風暴雨洪峰及高濁度之衝擊。原水採多重監測，以避免惡劣天候下斷訊之衝擊。除監視原水濁度、混凝水 pH、出水濁度、餘氯、水位、水量及水壓等相關參數外，並於國內首先推出「混凝加藥自動化」及「漂水後氯補充系統」二項加藥自動化監控技術，得以更少的人力、更經濟的加藥量，產出更佳的自來水。供水區之監測

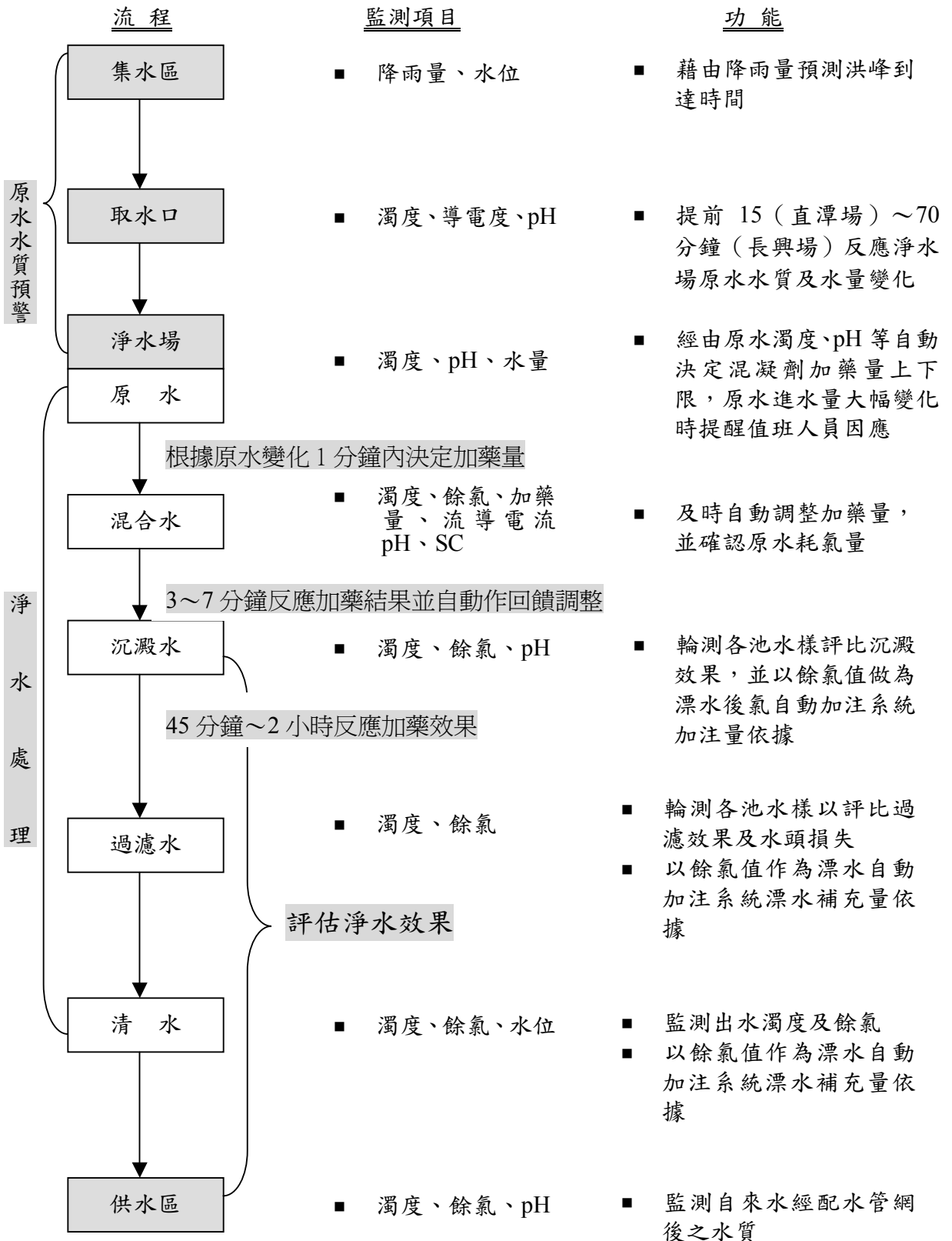


圖 3 台北自來水事業處水質監控系統之流程監控

補充系統(現場設備如圖 6 所示),每日配合配水池進水時間定量加注有效餘氯 0.2 mg/L, 餘氯偏低情況始獲得改善, 餘氯量提昇為 0.3~0.5 mg/L 如圖 5(B) 所示。

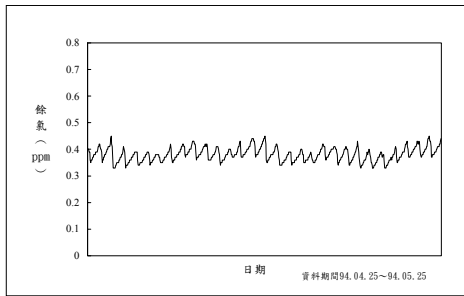


圖 5 木柵二期配水池餘氯趨勢圖



圖 6 木柵二期配水池漂水加注補充系統現場設備圖

此案例顯示自來水經配水池滯留導致餘氯降低, 尤其是分段加壓供水末端用水人口較少之配水池, 因此加壓站操作時不僅需注意供水壓力, 亦需注意配水池滯留時間、水位及餘氯之控制。

2、華興加壓站地震影響濁度案例

士林水源乃陽明山地區之泉水, 每日出水量約 2000 噸, 僅經加氯消毒處理後輸送至華興加壓站配水池。由圖 7 顯示 90 年 9 月 1 日至 9 月 3 日、9 月 7 日至 9 月 12 日發生有感地震, 該水源之濁度受影響而升高, 因而停用並改由大同加壓站供水, 由該站之導電度從平日之 245 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (士林水源)變成 90 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (新店溪水源)可得到確認。其中 9 月 7 日華興加壓站出水濁度驟增達 16 NTU, 顯示在不同水源供水交界處, 當水壓及流速變化, 致管垢沖出亦會造成濁度驟增。

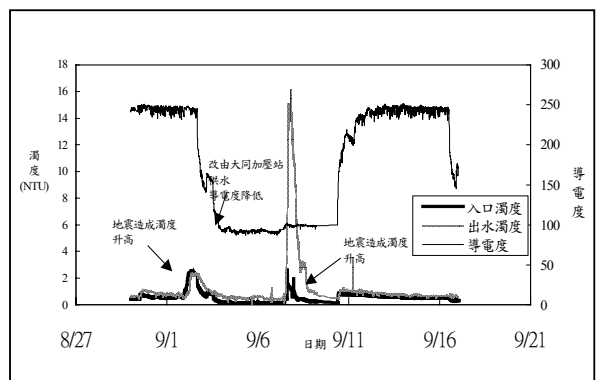


圖 7 華興加壓站受地震影響濁度及導電度變化圖

此亦顯示，當水壓穩定時，於不同水源供水交界處，平時可能為較易滯留狀態，除造成管垢沉積外，亦容易造成微生物滋生，應作定期排水洗管，以維護水質。本案例顯示水質偵測站藉由導電度變化，有助掌握管網供水狀況，俾即時採取排水等措施以改善水質。

3、供水管網 A 站水壓變化造成濁度升高案例

本案 A 站係由淨水場重力供水，平日壓力甚高，92 年 4 月間由於營業分處調整水壓在短時間使壓力變化過大而導致濁度升高，其瞬間變化情況由圖 8 本

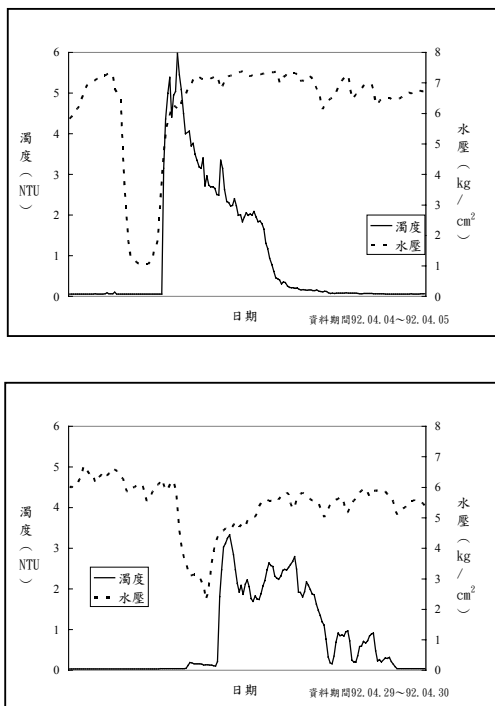


圖 8 供水管網 A 站濁度與水壓變化趨勢圖

處水質監測系統可有效掌握。由上述配水管網之調節制水閥導致濁度升高，顯示管網的任一個操作動作皆可能影響供水品質，由此可見定期排水洗管清除管垢及閥栓操作標準作業流程的建立與落實之必要。

4、供水管網濁度異常案例

本處 92 年 11 月 3 日 12:00 接獲用戶水渾申訴，同一時間設於附近 B 水質偵測站即時顯示濁度超過 5 NTU (如圖 9)，當日下午 14:00 鄰近該區之 C 水質偵測站濁度亦達 4 NTU；本案經查係因供水單位調整制水閥導致該處一帶水渾，後經營業分處排水後水質即恢復正常。

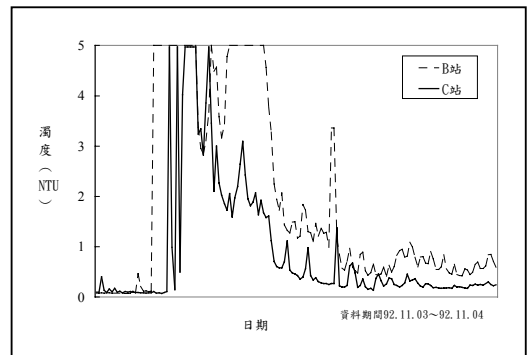


圖 9 供水管網濁度異常趨勢圖

5、調整制水閥致濁度升高案例

本處 B 水質偵測站 93 年 4 月 7 日 14:00 起濁度異常偏高，附近學校(C 站)及加壓站(D 站)等偵測站濁度亦陸續升高(如圖 10)。同時間亦有用戶申訴

水濁，營業分處修漏承商即前往清洗用戶水池水塔。本案經查屬區域性水質異常，係供水科會同營業分處調整該處一帶制水閥並作水壓量測，因管內流速驟增致管垢沖出而造成濁度升高，其發生原因與前案相同。為避免類似情況再度發生，供水單位調整制水閥前應事先研判調整前、後壓力變化，即對水壓可能上升地區，進行同步排水（消防栓）迄目視水不再渾濁。

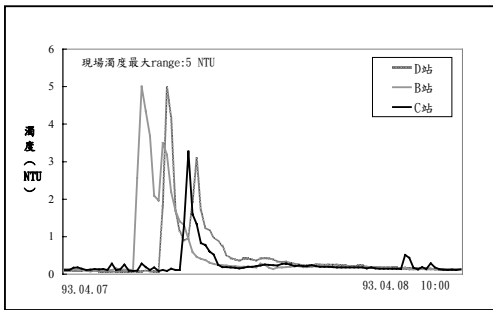


圖 10 加壓站及附近偵測站濁度異常趨勢圖

6、偵測站附近施工致濁度升高

93 年 4 月 16 日等 E 水質偵測站濁度高達 5 NTU（如圖 11），現場實測附近商家 5.3 NTU，捷運站廁所 6.0 NTU，水質偵測站 9.0 NTU(濁度偵測 range 設在 5 NTU)，即轉請分處連絡附近施工人員前往排水。本案屬施工後未充分排水所導致之水質污染，該站濁度偏高持續數日顯示施工現場清潔衛生要求之必

要。

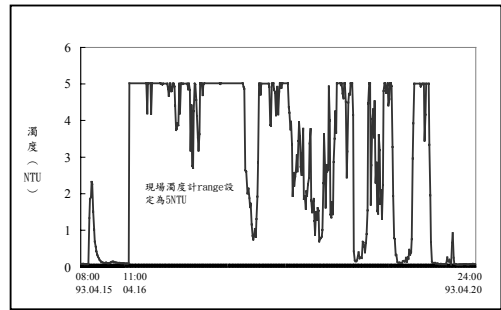


圖 11 E 水質偵測站濁度異常變化趨勢圖

7、加壓站維修致濁度升高案例

93 年 8 月 31 日 16:00 由水質監測系統發現 F 加壓站濁度 5 NTU（如圖 12），查係供水科於該加壓站維修抽水機，致底部污泥翻揚濁度升高。該科經本案後即清洗該加壓站配水池，以維護供水水質。

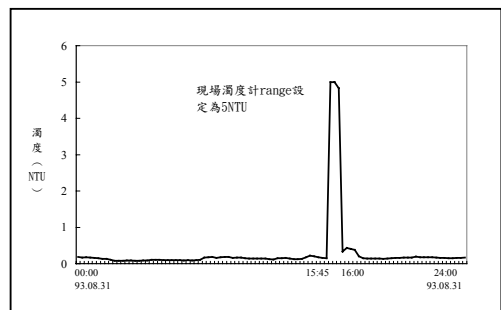


圖 12 F 加壓站濁度升高變化趨勢圖

8、加壓站實施電氣檢驗，復電後濁度升高

93 年 11 月 19 日 G 加壓站 01:00 起

實施電氣檢驗，位於其下游之 D 加壓站亦同時間停止進水，當日復電後，流速瞬間增加造成濁度升高（如圖 13）。

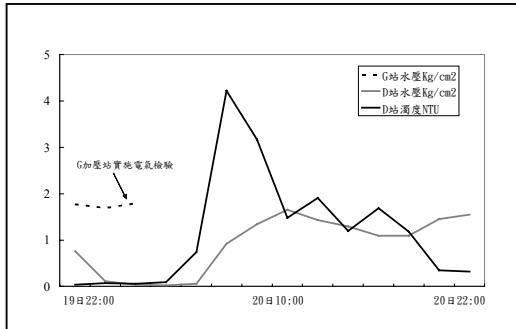


圖 13 加壓站維修後濁度升高變化趨勢圖

9、H 淨水場清理清水池，廠商擅開閘門致供水區濁度升高案

本案係 H 淨水場 93 年 6 月 17 日進行清水池底泥清理，過程中廠商誤開進出水閘門，導致該場清水及多處供水區濁度接近或超出水質標準上限 2 NTU，同時附近直接水濁度現場檢測為 9.6 NTU。本案當日即聯繫生產科，配合對該場供水轄區生飲台作水質抽查所幸水質均屬合格。

綜上案例顯示造成管網水質異常的原因，可分為人為因素及天然災害，其中地震造成地下水源濁度升高為不可避免外，其他屬淨水場、配水池、管網操

作不當或施工污染等皆應痛定思痛，虛心檢討相關作業流程，力求避免類似事件重複發生。為累積經驗，茲將上述綜整案例如表 1。

五、結論

供應安全衛生的飲用水，努力維持用戶對自來水的信心，是自來水事業的天職，而任何一次操作失誤導致水質污染事件，皆足以影響廣大範圍用戶之用水，造成民怨，不只嚴重打擊用戶的信心，更對自來水事業之形象造成難以彌補之傷害。

利用線上水質監測系統固可在第一時間掌握異常水質狀況，降低供水風險，惟供水管網中不為水質自動監測站覺察之較小規模的水質異常事件勢必更多；因此，必須以一斑窺全豹之精神，對異常案例虛心檢討力圖改進才是對未來供水品質的承諾。異常案例的發生是在提醒我們該檢視相關作業流程，相關單位間須通力合作共同檢討修正相關 SOP。藉由水質監測系統所顯示之水質異常案例，期使對水質異常追蹤持正面態度，探討出真因並採取有效預防矯正措施，使操作管理精益求精日臻完善，未來的供水品質才更有保障。

表 1 供水管網水質異常原因及改善對策

編號	異常原因	水質異常現象	改善對策
1	地震	地下水源濁度升高	暫停出水改由其他水源供水。
2	制水閥調整	濁度升高	管垢平時即應藉洗管清理；操作制水閥應緩慢開關，以免水流變化過速。對水壓、水流可能造成急速上升地區，消防栓應同步排水迄目視水無渾濁。
3	施工污染	濁度升高	加強管線工程清潔衛生維護，施工後充份排水、並確認水質安全無虞。
4	停電維修復水時配水池底泥翻揚	濁度升高	配水池定期清理維護，清洗後充份排水，確定水質正常後才供水。
5	承商誤開閘門	濁度升高	加強現場監工及承商教育。
6	配水池容量過大，造成滯留	餘氯偏低	縮短自來水在配水池之停留時間或於配水池補充加氯，並定期檢驗水質。

六、參考文獻

1. Craun, G.F., & Calderon, R.L. Waterborne Disease Outbreaks Caused by Distribution System Deficiencies. *Jour. AWWA*, 93:9:64 (2001).
2. David M. Hughes, AWWA, *Assessing the Future: Water Utility Infrastructure Management*, (2002).
3. Kirmeyer, G.J. et al., *Pathogen Intrusion Into The Distribution System*, AWWARF and AWWA (2001).
4. 史午康等，供水水質與管網操作維護管理關係探討，台北市政府九十三年度員工平時自行研究報告，臺北水事業處，九十三年
5. Kirmeyer, G.j., et.al., *Guidance Manual for Maintaining Distribution System Water Quality*. Denver, Colo.: AWWARF and AWWA (2000).
6. R.J. Wagner, et.al. , “Guidelines and standard procedures for continuous

- water-quality monitors: Site selection, field operation, calibration, record computation, and reporting”, (2000).
- 7.江清蓮等，「水質電腦監測系統之功能與應用—台北自來水處之經驗」，第八屆自來水研究發表會論文集，pp. 7-1~17，(1992)。
 - 8.黃惠玉、江清蓮，「高濁度水處理之探討（I）水質監測系統」，第十五屆自來水研究發表會論文集，pp. 373~388，(1998)。
 - 9.Ron Hinthorn, et.al., Chapter 25 “A vision for Real-Time Monitoring and Modeling of Water Quality in Water Distribution Systems”，Water Quality in the Distribution System, AWWA, (2005).

水質監測資料查詢系統之建置研發

張勝輝 *

一、前言

在 e 時代的今日，網路與資訊科技蓬勃發展下，藉由網際網路之應用，使各項訊息之傳遞無遠弗屆，資訊之取得垂手可得。故在此網路時代，如何透過網路，將資訊應用系統建置於網頁上，提供使用者直接上網查詢及執行各項資訊應用系統，應是今後之趨勢。

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）之水質電腦資訊系統包括 61 座偵測站、共偵測 472 個點項；這些水質監測資料之掌控方式，攸關水質監測作業之效率。由於目前水質監測站資料乃透過工作站之操作而取得；且相關測站間數據之比對等需靠人為判斷，效率並不理想，故建置一簡便且不受時間空間限制之介面，俾迅速查詢水質監測站之即時及歷史資料、水質變化趨勢圖、水質偵測項目統計值等相關資訊，以提昇該系統之應用功能，實為當務之急。本系統即應此需求而規劃建置，同時自行撰寫程式，以發展出切合單位實際需求之查詢系統，並方便日後系統功能擴增及後續維護。

本研究以北水處水質監測站為主體

，以現行之水質監測業務為藍本，蒐集相關資料，對作業流程進行檢討，就功能之需求作可行性分析，評估可應用之資訊工具與應用方式後，規劃建置一套以網頁為查詢工具之資訊系統，俾充分掌握水質變化之趨勢，以利水質異常原因之判定，同時作為每日異常水質監測站派工之依據，以期提昇資訊的有效利用並發揮水質監測系統之管理功能。

二、北水處水質監測站現況

北水處水質中心水質電腦監測系統係於 72 年建立，原建置 23 座水質偵測站、共檢測 285 點項；於 89、90 年期間分別於捷運站增建 9 座水質資訊站，並於各加壓站、學校增設 28 座水質偵測站；於 92 年續增設 1 座水質偵測站，目前總計 61 座偵測站、472 偵測點項。

該水質電腦監測系統係對整體流程作完整之水質監測包括：集水區(降雨量)、取水口、淨水處理流程及配水管網代表點。其中降雨量係與淡水河防洪預報中心連線，藉預警而得以提前因應颱風暴雨洪峰及高濁度之衝擊。原水係採多重監測，以強化淨水處理之穩定性，

*臺北自來水事業處 水質中心 副工程司

流程各單元監測包括濁度、pH、餘氯、導電度及水壓等相關參數。淨水操作及監控人員亦藉由此系統掌握淨水處理及供水區即時水質資訊。

水質電腦偵測系統之監測訊號則由各站之 RTU (Remote Terminal Unit 遠地終端機)以 1200bps(byte per second)速度將訊號先送至當地資料工作站，再將訊號送至水質中心之分配器；另 89、90 年期間增建之 RDPU(Remote Data Processing Unit 遠端資料處理站)，則將信號直接送至水質中心；而分配器蒐集信號後再分別傳送到生產科、監控中心、及水質中心之 CDPU (Central Data Processing Unit 中央資料處理站)，水質中心中央資料處理站將信號再送至水質即時資料庫。

另在公共場所設有 9 座水質資訊站(設於捷運站台北車站、忠孝復興站、中正紀念堂站、頂溪站、石牌站、淡水站、大坪林站、及木柵動物園與市政大樓)，分別以 9 線之 ADSL 線路與水質中心之伺服器相連接，以便傳遞資料並提供民眾查看即時生飲台水質、停水公告、宣導資訊及本處最新活動訊息。整個資訊系統架構如圖 1。

三、系統架構及工具

水質監測資料查詢系統係由本文作

者規劃開發並自行撰寫程式，系統採用二層式 (2-Tiers) 主從架構 (Client & Server)，同時以 Web Base 為基礎建置。將製作好之網頁放在伺服器上 (Server 端)，客戶端(Client 端)之使用者可透過網際網路以網頁瀏覽器(Browser)如 IE (Internet Explorer)上網瀏覽，並經由伺服器上之 IIS(Internet Information Services)解讀網頁內容，並執行 ASP 程式(Active Server Pages)，然後將執行結果下載到網頁瀏覽器端，故使用者使用本系統時可直接上網查詢、列印資料及作基本基料維護，而無需於客戶端之電腦安裝執行程式；故可免除日後修改程式後需重新載入每台電腦之不便。

本系統 Server 端採用 Microsoft Windows 2000 Server 作為伺服器作業系統；Windows 2000 Server 具有多人多工、操作簡單、穩定、易於維護等特性，目前為國內廣泛使用。網頁軟體開發工具則是使用 HTML(Hyper Text Markup Language, 超文字標示語言)與 VB Script 程式語言所共同構成；其中 HTML 是構成靜態(static)的網頁之基礎，主要用於表現文字、圖片及建立文件之間的連結，並經由瀏覽器解讀下載的 HTML 語句及檔案之後，顯示內容在使用者之瀏覽視窗上；VB Script 則是用來撰寫動態(Dynamic)網頁所需之 ASP 程式，讓

Web Server 將程式執行之結果下載給瀏覽器，或讓 Web Server 讀取及解析瀏覽器上傳之資料；同時將收集之網頁資料代為解析，供 ASP 程式讀取。

本系統即由 ASP 程式以使用者條件搜尋方式搜索適當的數據，並傳遞相關變數；再交由 Crystal Report 以時間與搜尋所得之數據為水平及縱向軸，繪出相對應之水質變化趨勢圖。後端資料庫系統則使用具有易學易用特性的資料庫管理軟體 Microsoft Office Access 2000。整個系統係將各遠端偵測站之水質偵測值以即時方式傳回水質中心中央資料伺服器之資料庫系統儲存處理。

四、建置完成功能說明

水質監測資料查詢系統 2 初步建置主要有「資料查詢」、「供水區域場站趨勢圖查詢」、「偵測資料條件篩選」、「統計功能」、「基本資料維護」、「意見討論區」等功能，執行本系統僅需開啓瀏覽器，輸入 Server 所在之網址，便可連接系統並依示意之圖形點選各功能，以進入各操作畫面。各功能說明如下：

1. 系統權限

本系統具密碼權限控管功能，登錄本系統需輸入使用者名稱及密碼如圖 2 所示，以進行身份驗證，驗證無誤才可進入系統。

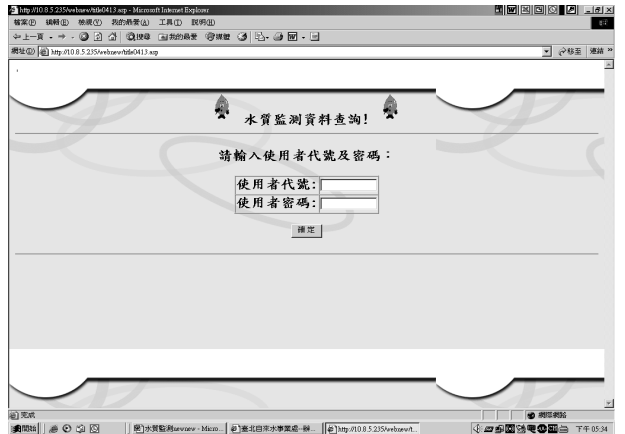


圖 2 水質偵測帳號輸入畫面

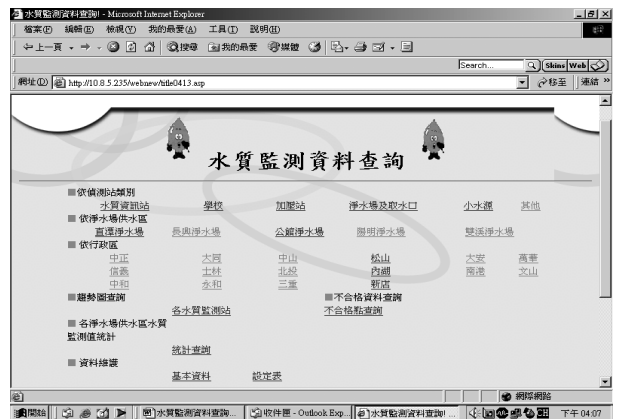


圖 3 水質偵測資料查詢主畫面

2. 查詢方式

開啓瀏覽器連接系統即進入圖 3 所示之水質偵測資料查詢主畫面，水質偵測站查詢方式及資料查詢條件如下：

(1) 水質偵測站可依其屬性類別（區分為水質資訊站、學校、加壓站、淨水場及取水口、小水源、其他等類別）、所屬淨水場供水區（直潭、長興、公館、

雙溪、陽明等淨水場)、所屬行政區(含臺北市十二個行政區及臺北縣新店、中和、永和、三重等四個行政區,共計十六個行政區)等不同方式以點選方式快速查詢監測站水質資料或趨勢圖。

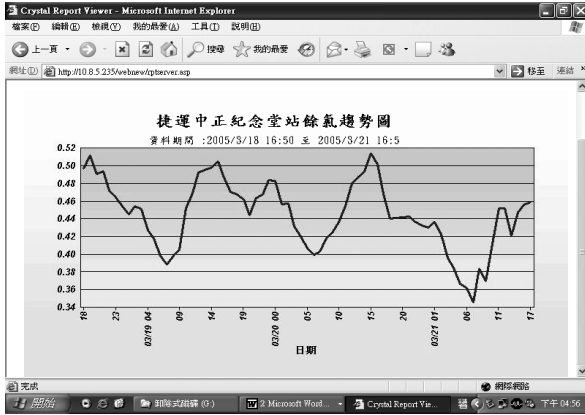


圖 4 水質資訊站查詢

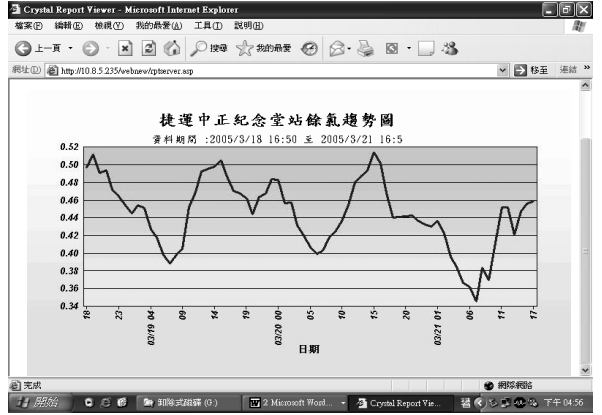


圖 6 水質偵測資料餘氯變化趨勢圖

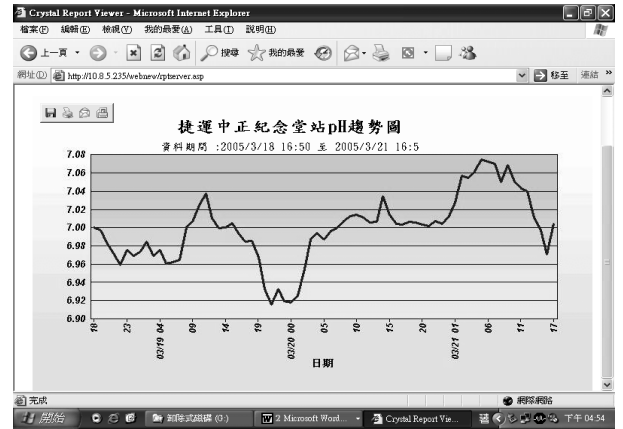


圖 7 水質偵測資料 pH 變化趨勢圖

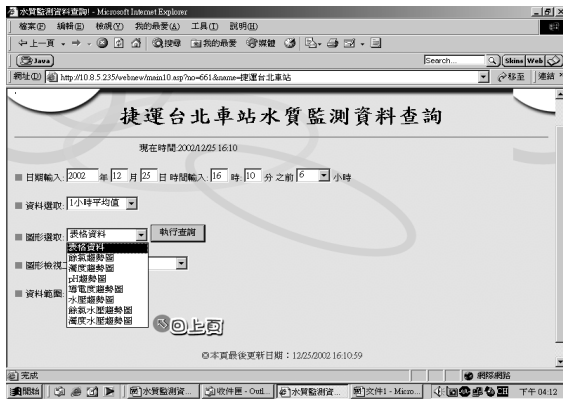


圖 5 水質偵測資料條件選取畫面

(2)選取欲查詢之水質偵測站後,即進入如圖 4 後,即進入如圖 5 所示之水質偵測資料條件選取畫面;資料查詢條件可依查詢欲之日期及時間、資料時間間隔平均值(區分為 5 分鐘、15 分鐘、1



圖 8 水質偵測資料水壓餘氯變化趨勢圖

小時及日平均值等時間間隔)、資料項目形式(表格文字資料、濁度趨勢圖、pH 趨勢圖、餘氯趨勢圖、導電度趨勢圖、水壓趨勢圖、餘氯水壓趨勢圖、濁度水壓趨勢圖等)等組合條件查詢;操作時依表單設定內容以點選方式查詢或列印偵測站之即時或歷史水質資料,並將伺服器端查詢結果傳回顯示於螢幕上。使用者若未選取查詢條件,則依系統預設值進行查詢。各水質偵測項目查詢之變化趨勢圖結果,如圖 6 餘氯變化趨勢、圖 7 pH 變化趨勢、圖 8 水壓餘氯變化趨勢。

3. 資料輔助顯示

使用者查詢之資料其相鄰筆數於畫面上以不同顏色顯示,且資料依各檢測項目超過水質標準或警戒值之上下限時,設定不同顏色輔助顯示,以方便閱讀。如圖 9。

捷運台北車站水質監測資料查詢!

備註:紅色表不符水質標準;藍色表不符內控標準

日期	pH	水壓 kg/cm ²	Cl ₂ ppm	濁度 NTU	導電度 mm-cm ²
2002/2/25 下午 04:00:04	7.50	1.08	0.39	0.22	.....
2002/2/25 下午 08:00:02	7.46	1.41	0.47	0.09	.....
2002/2/25 下午 02:00:01	7.54	1.21	0.42	0.27	.....
2002/2/25 下午 01:00:09	7.48	1.27	0.45	0.31	.....
2002/2/25 下午 12:00:07	7.43	1.33	0.47	0.09	.....
2002/2/25 上午 11:00:06	7.45	1.20	0.43	0.26	.....
2002/2/25 上午 10:00:04	7.42	1.38	0.49	0.10	.....
2002/2/25 上午 09:00:03	7.46	1.29	0.48	0.24	.....
2002/2/25 上午 08:00:00	7.48	1.49	0.45	0.14	.....
2002/2/25 上午 07:00:08	7.53	1.40	0.41	0.34	.....
2002/2/25 上午 06:00:06	7.45	1.66	0.49	0.12	.....
2002/2/25 上午 05:00:05	7.45	1.57	0.45	0.10	.....

圖 9 水質偵測資料查詢畫面

4. 查詢供水區域場站趨勢圖

(1)使用者於本系統之主畫面點選各水質偵測站趨勢圖,進入如圖 10 所示之畫面,查詢條件可依查詢日期時間、水質偵測項目(濁度、pH、餘氯、導電度、水壓)、供水區域各種場站趨勢圖等組合條件;查詢或列印水質偵測項目之趨勢圖。

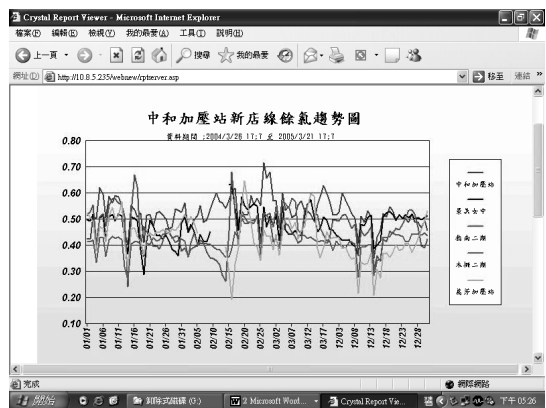


圖 10 直潭供水區餘氯趨勢圖

(2)各供水區域趨勢圖係依偵測站所屬淨水場或加壓站之供水區域,及各偵測站相對距離遠近之次序,繪製各種場站趨勢圖(直潭供水區、中和加壓站中和線、中和加壓站十二張線、中和加壓站新店線等共計 17 種),俾充分掌握自來水輸送流程中之水質變化趨勢,以利水質異常原因之判定。查詢結果如圖 11 中和加壓站中和線餘氯趨勢圖、圖 12 大同加壓站北投線餘氯趨勢圖。

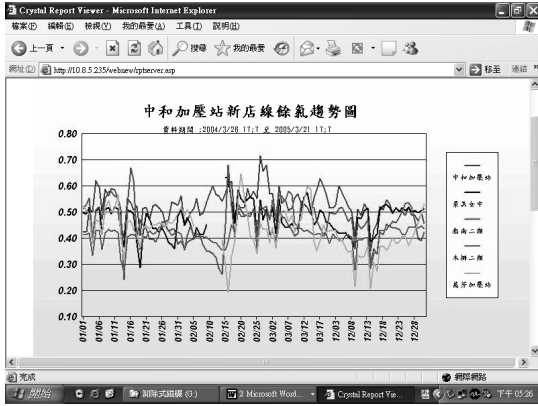


圖 11 中和加壓站中和線餘氯趨勢圖

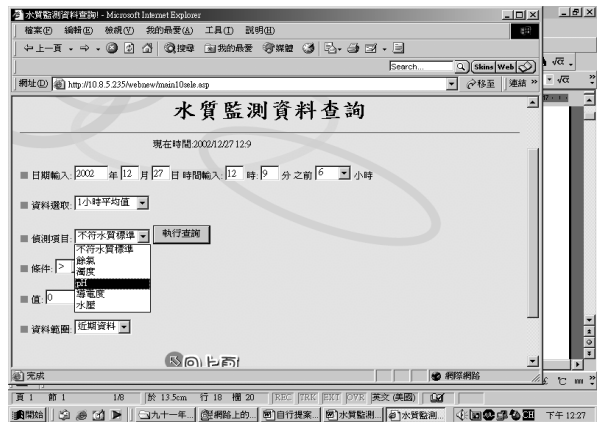


圖 13 水質偵測資料條件選取畫面

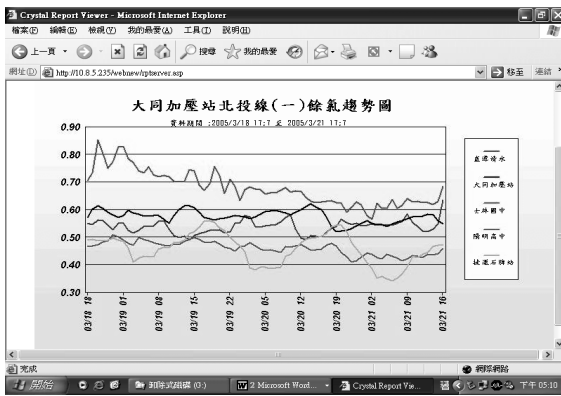


圖 12 大同加壓站北投線餘氯趨勢圖

名稱	日期	pH	水質 Kj/m ³	Cl ₂ ppm	濁度 NTU	導電度 umscm/d
水質動特區	2002/12/27 上午 08:00:00	7.64	3.07	0.21	8.16	111
水質動特區	2002/12/27 上午 07:00:00	7.18	2.10	0.21	4.32	110
陽明高中	2002/12/27 上午 08:00:00	8.64	1.69	0.57	0.09	111
陽明高中	2002/12/27 上午 07:00:00	8.63	2.07	0.55	0.09	111
直潭女中	2002/12/27 下午 12:00:06	5.98	5.21	0.54	0.03	101
直潭女中	2002/12/27 上午 11:00:05	5.96	5.33	1.47	0.02	99
直潭女中	2002/12/27 上午 10:00:03	5.95	5.55	1.50	0.02	99
直潭女中	2002/12/27 上午 09:00:02	5.96	5.44	1.54	0.02	100
直潭女中	2002/12/27 上午 08:00:00	5.96	5.46	1.52	0.14	100

圖 14 水質偵測資料條件查詢結果畫面

5.偵測資料條件篩選

系統可依選取查詢日期時間、資料時間間隔平均值(5分鐘、15分鐘、1小時、日平均值)、水質監測項目(不合水質標準、濁度、pH、餘氯、導電度、水壓)、條件(>、=、<、>=、<=)某值等組合條件，快速查詢出合於查詢條件下偵測站之水質資料，或目前不合水質標準或內控標準之所有偵測站資料，以便作立即性必要處理；如圖 13、圖 14。

6.統計功能

操作者可以點選方式選取水質檢測項目(濁度、pH、餘氯、導電度、水壓)、淨水場別(長興、公館、直潭、雙溪、陽明供水區域)、日期等組合條件統計出各淨水場供水區內所有偵測站之水質偵測項目日平均值及其月平均之結果，。如圖 15、圖 16。

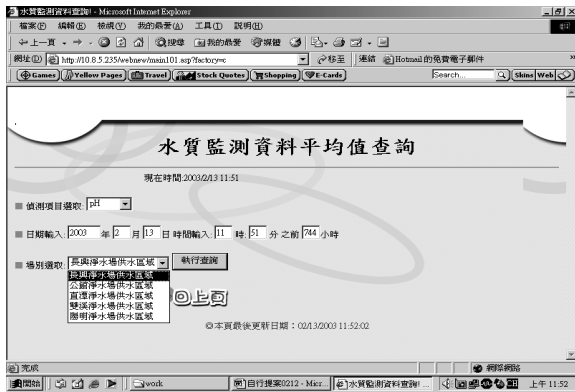


圖 15 水質偵測項目平均值查詢畫面



圖 17 水質偵測站資料設定表維護畫面



圖 16 水質偵測項目平均統計結果



圖 18 水質偵測站設定表維護畫面

7.基本資料維護

具偵測站基本資料表及偵測器 (sensor)代號表修改維護功能，且資料顯示具備分頁瀏覽功能，可依頁次或輸入頁次方式瀏覽，並對各資料表進行新增、刪除、修改之功能；如圖 17、圖 18。

8.意見討論區

(1)提供水質偵測系統意見交流之互動園地，同時彙整同仁使用建議及其他相關之意見，並作為未來系統改善之依據。

(2)留言時可點選意見區內之主題，針對該留言討論、提出意見或於意見區內發表個人意見或新討論主題；如圖 19。



圖 19.水質偵測系統意見討論區畫面

五、結論與建議

本系統開發建置研究係以 Web Base 為基礎，利用網頁瀏覽器直接上網查詢、列印及系統維護，提供使用人員一操作簡便且不受時間空間限制之介面，同時將水質監測站以群組方式依其屬性提供不同資料查詢方式，快速查詢監測站歷史或即時水質資料，充份提高監測資料查詢工作之效率。

本系統建置係採用二層式(2-Tiers)主從架構(Client & Server)，將所有開發好之程式放在伺服器上(Server 端)，客戶端(Client 端)之使用者可透過網路查詢，無需於客戶端之電腦安裝執行程式，可免除日後修改程式後需重新載入每台電腦之不便。

經由本系統之水質項目不合格場站功能查詢，可方便迅速找出異常之場

站，並立即派員前往處理，有效降低檢查人力。且資料之呈現方式有助於偵測站水質異常原因之研判（儀器誤差、水壓干擾等），大幅縮短異常研判所需時間。

由各淨水場轄區偵測站餘氯之長期統計結果，可估計季節性餘氯消耗、各偵測站餘氯消耗量之相對關係，並大幅減少統計人力。

由偵測站所屬不同加壓站淨水場之供水區域及相對距離遠近之關係，提供各種場站趨勢圖查詢，可充分掌握各場站供水區域水質變化之趨勢，有助於水質異常之分析與原因之研判。

本系統採用 Access 資料庫管理軟體，為免將來資料庫因資料大量增加，致處理效能下降，應考量將 Access 資料庫管理軟體升級為 MS SQL Server。同時將水質即時資料庫獨立建置於不同主機上，以提高系統處理效能。

為利於監測站維修紀錄之查詢，本系統可考量未來結合水質監測站維修資料庫，以便水質監測資料出現異常狀況時，可迅速查詢該站之以往維修及校正紀錄，以助水質異常原因之分析與判斷。

六、參考文獻

- 1.施威銘，「ACCESS 2000 使用手冊」，旗標出版社，中華民國 88 年（1999）
- 2.王國榮，「ASP（ACTIVE SERVER PAGES）網頁製作教本」，旗標出版社，中華民國 91 年（2002）
- 3.Seagate Crystal Reports 8 Advanced Report Design Training Guide (2000).
- 4.鄭淑芬，「.Net Crystal Reports 實戰演練」，學貫出版社，中華民國 91 年（2002）
- 5.史午康等，「水質資訊管理最佳化探討」，台北市政府九十年度員工平時自行研究報告，臺北水事業處，九十年。

負壓污染防制技術研究

江清蓮*

摘要

有鑑於民國 91 年大台北地區抗旱分區供水時期，因馬達直接抽水而導致負壓污染案例共四百餘件，同期間也發生多起地下蓄水池負壓進水之污染事件，引起民眾惶恐，並凸顯了供水管網之弱點。國內不少用戶因蓄水池廢棄或進水量不足而私自改用馬達直接抽水，極易造成負壓污染；用戶給水管徑 40 mm 以下者因市面上並無持壓閥可供安裝，地下樓層蓄水池進水時，有如抽水機自管線大量吸水，遇尖峰用水時段水壓降低時，難免發生負壓進水甚至污染水質，停水時情況將更為嚴重。法規雖明文規定不可以馬達直接抽水，但礙於管線末端水壓不足而未對違規者採取斷水措施，在未能提供民眾具體改善方案情況下，負壓污染始終無法有效改善。

為避免用戶水質遭受負壓污染，本研究乃針對負壓污染研擬出較經濟可行之技術方案，包括：1. 地下蓄水池防止負壓進水技術實驗測試及用戶端安裝測試；2. 回流式馬達直接抽水改善技術實驗測試及用戶端安裝測試；3. 給水巷弄

水壓連續監測技術，以利國內為降低漏水率普遍採低水壓政策下，用戶水質安全之維護。

一、前言

當用戶使用馬達直接抽水或未設持壓閥之地下樓層蓄水池直接進水皆可能造成負壓污染。由於國內供水管網配水池容量普遍不足，尖峰用水時段供不應求下，更易出現負壓情況，若管線老舊破損，將易導致漏水點污水回流或倒虹吸（back siphonage）而污染水質，污染輕微者自來水出現異味，污染嚴重者可檢測出氨氮及大腸桿菌。

民國 91 年大台北地區抗旱分區供水時期，由用戶水質申訴案件統計資料顯示⁽¹⁾：因馬達直接抽水而導致負壓污染案例共四百餘件，同期間也發生多起地下蓄水池負壓進水之污染事件，引起民眾惶恐，並凸顯了供水管網之弱點。即使老舊自來水管線皆如期汰換，整體供水系統仍難以達到零漏水率，因此唯有靠用戶端具備防止負壓進水之用水設備，方能有效預防負壓水質污染事件發生。

*臺北自來水事業處 水質中心 副工程師

目前國內飲用水設備管理⁽²⁾主要是依據「飲用水管理條例」、「自來水法」及經濟部水利署九十二年頒布之「自來水用戶用水設備」加以規範。依據自來水法第五十條規定「用戶用水設備，應依用水設備標準設置，並經自來水事業或由自來水事業委託相關事業團體代為施檢合格，始得供水」。自來水法台北市施行細則第八條規定「自來水用戶聲請供水委託自來水管承裝商裝設用水設備，其設計圖應經自來水事業審定後始得施工，並須使用符合規範之材料。工程完竣後，經自來水事業依本市自來水用水設備標準檢驗合格方得供水」此項條文已針對用戶端用水設備之設計及材質加以規範。另臺北市自來水用水設備標準第三十八條規定用戶用水設備裝置完竣後，應向自來水事業申請施行檢驗，檢驗合格始得供水。現行自來水用水設備相關法規係在使用前之審查、施作及用戶內部管線試壓為主，對用水設備後續修繕與維護方面並無較明確之規定。經濟部水利署頒布之「自來水用戶用水設備標準」雖對用戶蓄水設備予以規範，但亦未針對用戶用水設備維護管理責任予以規定。

國內不少用戶因蓄水池廢棄或進水量不足而私自改用馬達直接抽水，極易造成負壓污染；用戶給水管徑 40 mm 以

下者因市面上並無持壓閥可供安裝，地下樓層蓄水池進水時，有如抽水機自管線大量吸水，遇尖峰用水時段水壓降低時，難免發生負壓進水而污染水質，停水時情況將更為嚴重。法規雖明文規定不可以馬達直接抽水，但礙於管線末端水壓不足而未對違規者採取斷水措施，在未能提供民眾具體改善方案情況下，負壓污染始終無法有效改善。為避免用戶用水水質遭受負壓污染，本研究乃針對負壓污染最需解決之問題包括：地下蓄水池防止負壓進水及馬達直接抽水防止負壓污染等，研擬出較經濟可行之技術方案，以利國內為降低漏水率普遍採低水壓政策下，用戶水質安全之維護。

二、 研究內容及流程

本研究係依據用水戶負壓污染事件之處理經驗，研擬負壓污染之改善對策。初期先規劃實驗設計，進行模擬測試，續於用戶端安裝防止負壓污染設備，並連續監測給水巷弄水壓變化，再依實地測試結果提出負壓防制技術方案，期作為相關法規檢討修正及今後改善決策之參考。本研究內容及流程詳如圖 1。

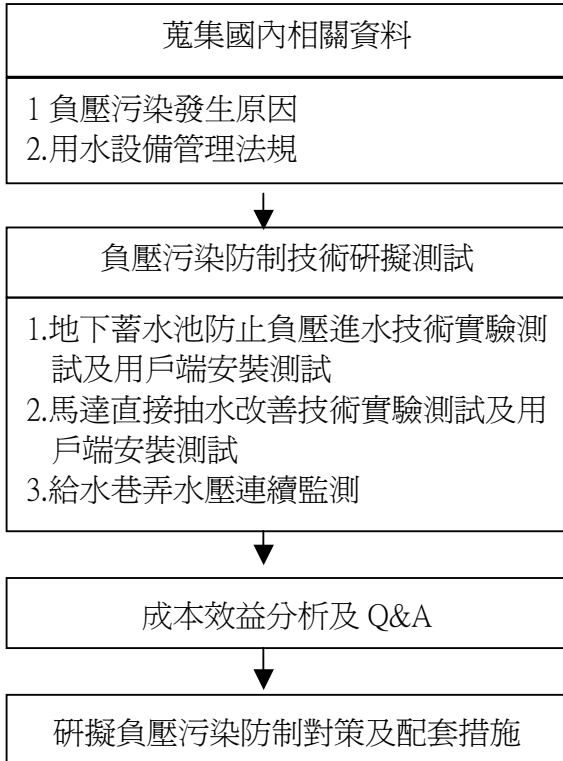


圖 1 研究內容及流程

三、負壓污染改善技術實驗規劃及實地安裝測試

3.1 防止地下蓄水池負壓進水試驗設備

經查在 91 年分區停水期間發生之蓄水池負壓污染案例，其共同點係用戶端未設置持壓閥，且蓄水池進水點遠低於地平面。其中給水管徑為 40mm 以下者，市面上確無相當口徑之持壓閥商品可供安裝。本研究首先進行防止地下蓄水池負壓進水試驗設備模擬，以如圖 2 所標示之設備，分別模擬 A. 減壓供水或停水導致負壓虹吸污染及 B. 增設負壓吸氣閥及排氣閥自動防止負壓污染，其試驗程序如下：

1. 開啓 V1 模擬正常供水

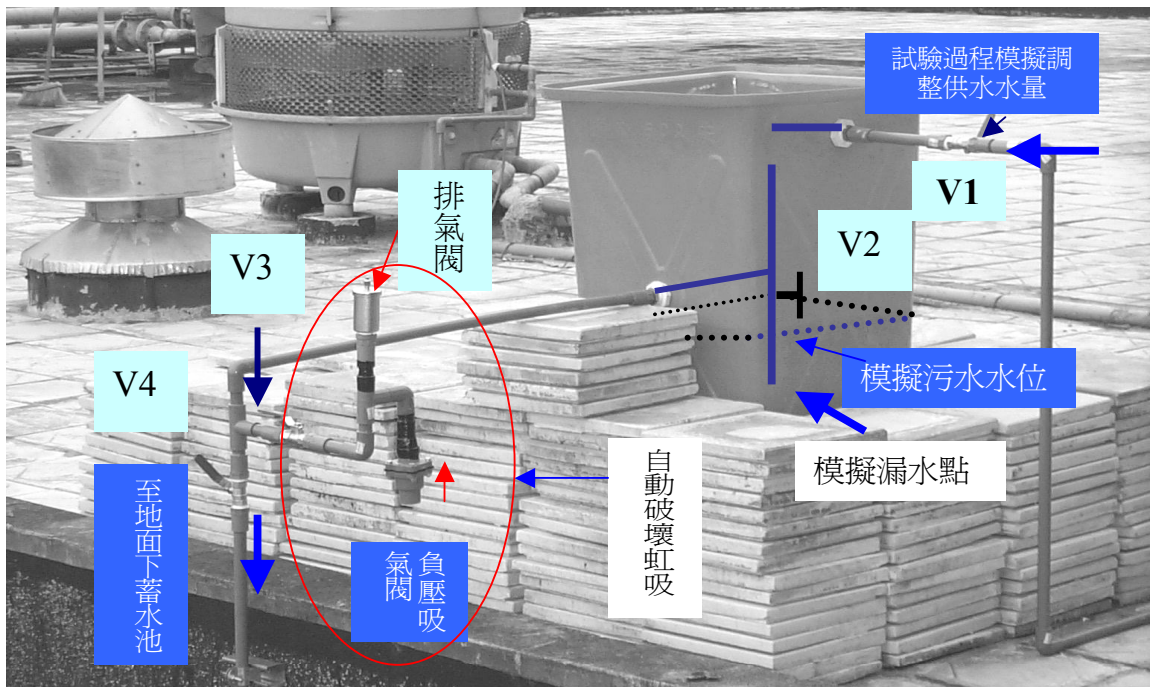


圖 2 負壓污染模擬及防止負壓進水試驗設備

2. 微開 V2 模擬漏水
3. A. 關閉 V3 模擬未設負壓吸氣閥及排氣閥
B. 開啓 V3 模擬增設負壓吸氣閥及排氣閥並觀測確定無漏水現象
4. 開啓 V4 模擬蓄水池進水
5. 測試約二分鐘後此時塑膠桶內(模擬漏水點)水位上升
6. 關閉 V1 模擬減壓供水或停水
7. A. 塑膠桶內(污水)水位下降表示蓄水池虹吸進水(負壓進水)
B. 塑膠桶內水位未下降表示自動中斷虹吸進水(阻斷負壓污染)

3.2 用戶端安裝負壓破壞設備及水壓監測設備

93年6月取得青島西路水質異常申訴用戶之同意配合後，參照圖3於水表

後加裝負壓破壞設備(照片如圖4)及水壓連續監測設備(照片如圖5)，擬藉此個案進行負壓污染防治技術實地測試。其中防止給水管線負壓進水試驗設備之材料費用低於新台幣2,000元。

該用戶之蓄水池係設於地下二樓，進水管徑40mm未設持壓閥。由圖6其進水總表之水壓連續監測趨勢圖顯示，每日約5次大量進水，各約70分鐘，進水時水壓趨近於0 kg/cm²。未設持壓閥之地下樓層蓄水池，進水時有如大型抽水機進行抽水，易導致負壓進水，本案例屬裝有破壞負壓設施者，已具備延緩進水之功能，仍出現上述情形；據此推測倘未裝設破壞負壓設施者，瞬間進水量將更大，且進水時間將更為縮短，對管網水壓勢必造成嚴重影響。

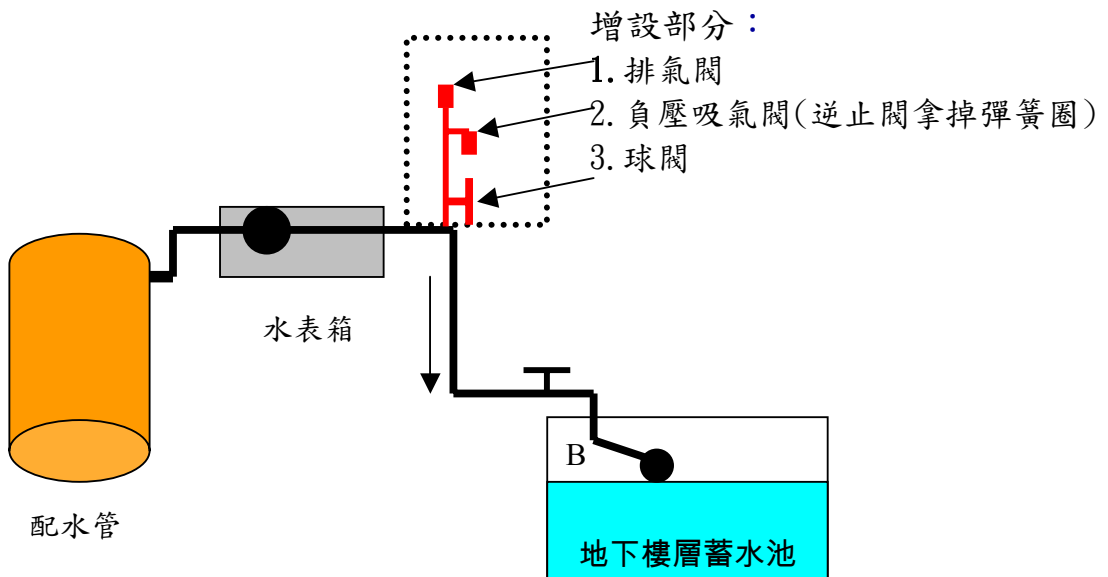


圖3 蓄水池負壓虹吸破壞設施示意圖



圖 4 用戶表後加裝負壓破壞設備



圖 5 用戶端水壓連續監測設備

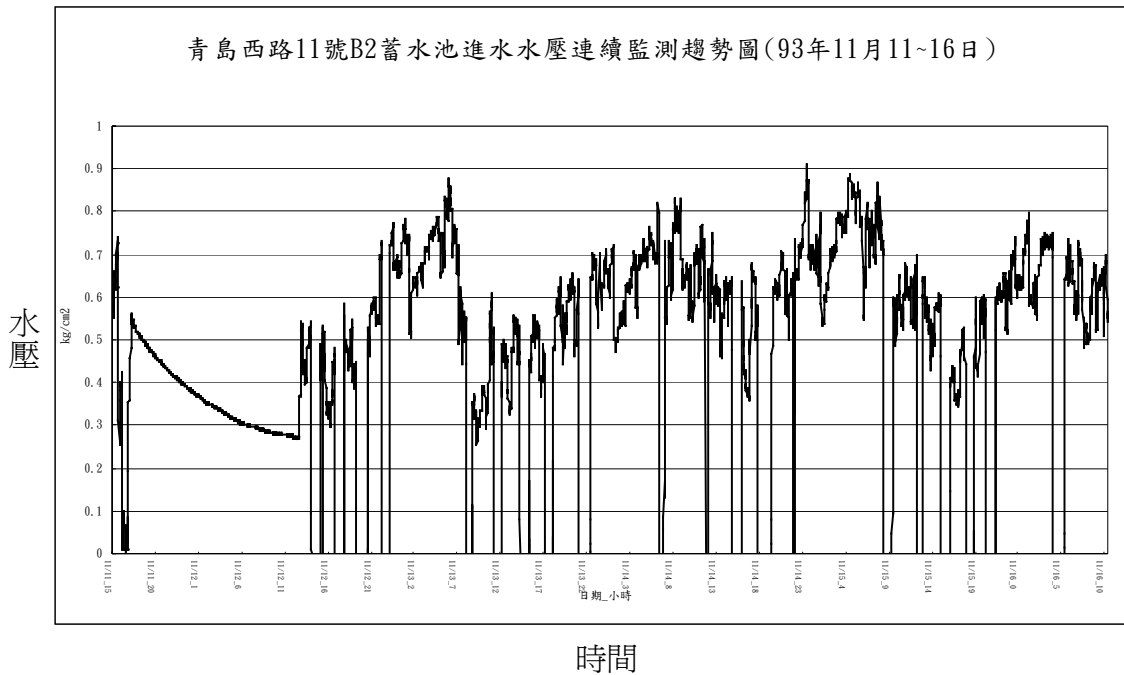


圖 6 用戶端水壓連續監測趨勢圖

3.3 防止馬達負壓抽水模擬試驗

防止馬達負壓抽水模擬試驗設備詳如圖 7 所示，係採續用既有用戶端抽水機，僅增設一小型回流槽，由槽內浮球自動調節抽水量。水壓足夠時回流槽滿水位則無回流，抽水機吸入端水壓維持正壓；供水不敷抽水機抽取時，部分抽

水機出水將自動回流至回流槽，補充抽水機正常所需抽水量，以防止管線出現負壓。藉由水塔受水及循環供水模擬尖峰及非尖峰用水時段進行連續測試，除收集抽水機前後端水壓及水量等連續監測數據外，並實際觀測是否發生負壓進水。

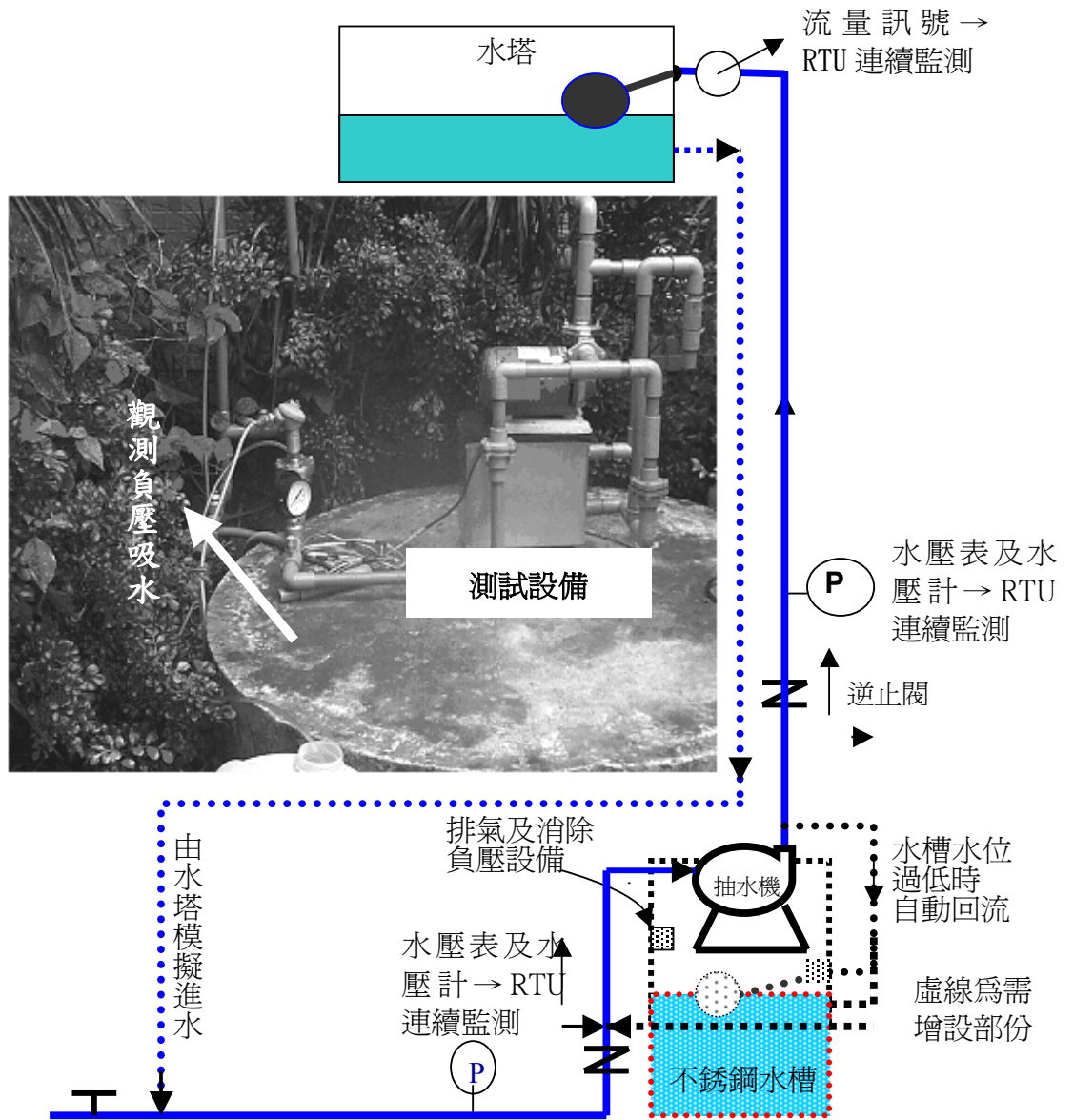
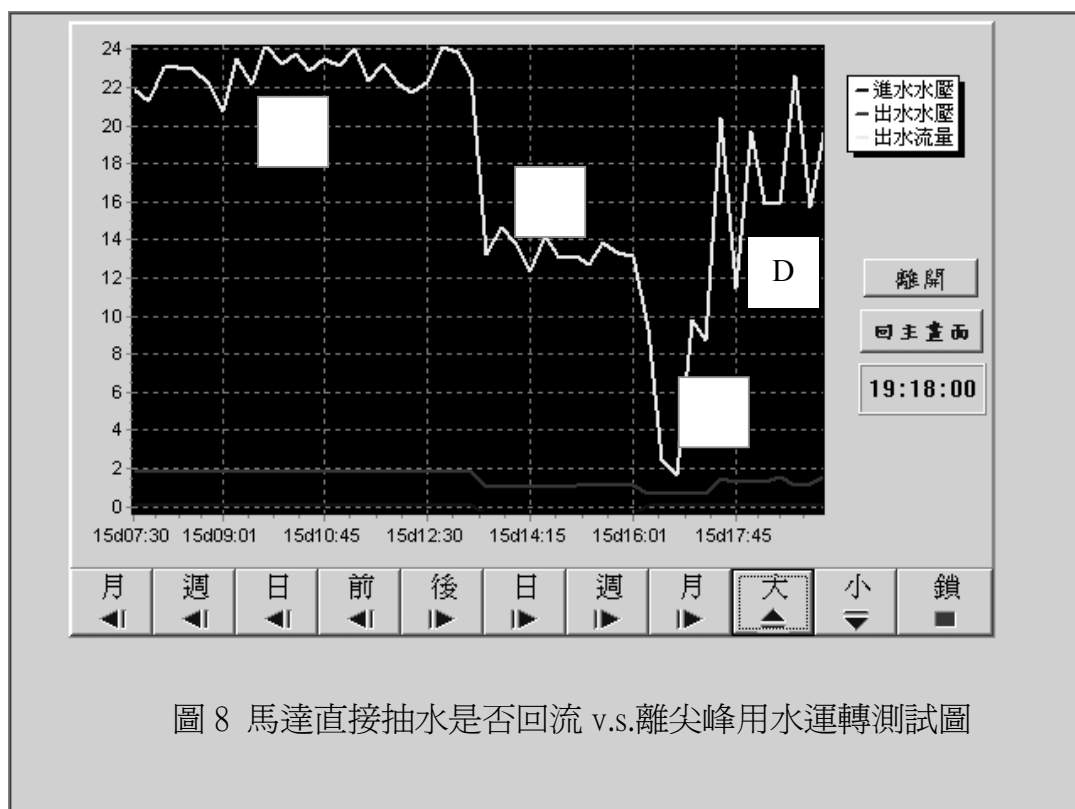


圖 7 回流式馬達直接抽水模擬試驗設備示意圖及測試設備

圖 8 係模擬各種用水時段，比較抽水機出口回流與否對實際抽水量及水壓之影響。測試結果整理如表 1。

表 1 不同用水時段及抽水機回流量對抽水量及水壓之影響

狀況別	用水時段	回流閥	回流量	吸入端水壓	實際抽水量
A	離峰	close	無	0.3 kg/cm ²	23 公升/分鐘
B	尖峰	close	無	- 0.34 kg/cm ²	13 公升/分鐘
C	尖峰	open	大	0.03 kg/cm ²	3~10 公升/分鐘
D	一般或離峰	open	小或無	0.1kg/cm ²	13~22 公升/分鐘



3.4 馬達直接抽水用戶防止負壓抽水案例

93 年 11 月 9 日北市信義區福德街 251 巷使用馬達直接抽水用戶之水質經檢驗結果：餘氯 0.07 mg/L，雖無氨氮反

應惟大腸桿菌群呈陽性反應，疑水質受污染。經聯繫該用戶同意由本處水質中心於 12 月 16 日前往設置負壓防治設備及水壓監測設備(如圖 9)



圖 9 馬達直接抽水負壓消除設備及水壓監測設備

圖 9 中之抽水機及進出管線均為用戶既有，由於該用戶係直接用水並未設置水塔，抽水機僅於水壓不足時啟動加壓，因此僅於抽水機吸入端增設消除負壓設備及壓力監測設備。

93 年 12 月 17 日~22 日該用戶水壓連續監測趨勢如圖 10。自 12 月 21 日起

尖峰用水時段連續約 3 小時出現水壓降低，因而該用戶洗澡時需開啓抽水機加壓，導致抽水機吸入端水壓降至約 0.1Kg/cm^2 ，用戶反應當時曾抽不到水，研判係因本實驗已裝設消除負壓設備，使得抽水機吸入空氣而維持管線正壓，避免負壓污染水質。事後向本處監控中

事後向本處監控中心查證，回報該期間屬尖峰用水時段，出水水壓確由平時尖峰用水時段之 1.1 Kg/cm^2 降至 0.7

Kg/cm^2 ，惟當時供水量仍大於其他時段，研判水壓異常降低或因附近供水管網可能有其他調配動作所致。



圖 10 馬達直接抽水用戶水壓連續監測趨勢圖

四、成本效益分析

4.1 防止地面下水池負壓進水技術方案比較

本研究針對三個改善方案評估如下：

方案 A：設置「持壓閥」

方案 B：設置「接水槽」

方案 C：設置「負壓吸氣閥」及「排氣閥」(詳如 3.2 節)

上述各方案除共同具有維持管線正壓之優點外，其特點及現況分析如表 2：

表 2 防止地面下水池負壓虹吸進水技術方案分析表

方案	特 點	現 況 分 析
A	持壓閥安裝在密閉管線，不佔據空間。	1.給水管徑 40mm 以下者，依現行用水設備規範無需安裝持壓閥。 2.實施減壓供水或尖峰用水期間，管線末端用戶設有持壓閥者，因水壓低(0.1~0.5Kg/cm ²)蓄水池無法進水，而可能將持壓閥拆除或破壞。 3.水壓高地區之用戶，持壓閥往往無法有效緩和進水速率。 4.持壓閥之功能測試及維修，皆不易進行。
B	類似小型地上式蓄水池	用戶以接水槽完成申請接水後，部分用戶自行將接水槽廢棄不用，改為直接進水。
C	負壓吸氣閥及排氣閥在市面即可購得，價廉且易維修。	於水錶前後安裝負壓吸氣閥及排氣閥，已經實驗證明可避免地面下蓄水池負壓進水，且負壓吸氣閥及排氣閥在正壓時並無漏水現象，但須留意不得為污水淹沒。

三方案比較結果：方案 C 所需材料及組裝費低於 2,000 元最經濟可行，並經實驗證明在管線正壓時無漏水現象，供水量不敷蓄水池進水時會自動吸入空氣消除負壓，能有效防止負壓污染。

4.2 馬達直接抽水改善技術方案比較

本研究過程中研提三種改善方案進行評估：

方案 A：改用變頻式抽水馬達，並於抽水機吸入端加裝「壓力控制設備」。

方案 B：改裝為「雙管式送水機」

方案 C：續用抽水馬達，惟需增置「回流槽」(詳如圖 7)

上述各方案皆具有維持管線正壓之優點外，其特點及現況分析如表 3：

表 3 馬達直接抽水改善技術方案分析表

改善方案	優點	缺點	材料費概估(NT)
A	已有類似商品，惟水壓計須改設於抽水機吸入端，抽水量可隨水壓微調，避免間續式抽水，較省能源。	既有抽水機不能續用，設置費用最高，設備維護成本較高。	1~5 萬
B	1.已實際應用於省自來水公司供水轄區。 2.沉水泵、水位感應器、排氣及負壓消除設備，整體組裝，噪音小較美觀。 3.在水壓大時可自動進水至低揚程水塔兼具破壞負壓與排氣功能。	1.既有泵不能續用。 2.沉水泵故障時，須整套設備更換。 3.尖峰用水期間，沉水泵啟動頻繁。	1 萬
C	1.既有抽水機仍可續用。 2.利用小型回流槽自動調節抽水量。 3.密閉式管線不佔空間，無污染之虞。 4.必要時增設停水時自動切斷裝置，材料費總計約 5,000 元。	1.須專業經驗廠商認同並保證施工品質，方可施作。 2.高水壓時，如同自管中直接加壓，可節省能源。 3.低水壓時，自動回流維持正壓抽水，較費能源。	5,000

三方案比較結果：方案 C 最為經濟可行，材料費總計約 5,000 元，且經連續模擬測試可達預期功能詳如圖 8。

4.3 推廣防止負壓污染設備之 Q & A

Q1. 破壞負壓設備之安裝地點及功能？

A1: 破壞負壓設備應高於污水系統水位，負壓時自動吸入空氣而中斷虹吸。

Q2. 負壓吸氣閥是否會導致污染？

A2: 將市售之止水閥拿掉彈簧圈，底部加裝不銹鋼濾網，採直立安裝

於連接給水管，即達到負壓吸氣功能。正常水壓下屬密閉系統無污染之虞，負壓時止水塞上浮吸入空氣，由底部不銹鋼濾網攔除雜物。當停水又逢嚴重水災水位淹及負壓吸氣閥高度時，方有污水滲入之虞，此種情況，即使設置接水槽或地下室蓄水池亦難倖免。

Q3. 破壞負壓設備搭配排氣閥之理由？

A3: 水壓瀕臨負壓時，讓空氣吸入給水管內，即自動中斷虹吸。惟復水初期若水壓未偏低，則因管內空氣匯集於彎管高處而可能堵塞進水，於彎管高處設置排氣閥即可解決。

Q4. 某大樓共有十餘支 25 mm 進水管及個別總表，位於人行道，皆未設置接水槽及持壓閥，可否安裝負壓污染設備？

A4: 經濟改善方案可選擇於人行道總表前適當地點，於配水管分接前端以 T 型管接一套破壞負壓設備，再以鐵箱保護美化即可解決。

Q5. 破壞負壓設備與設置持壓閥之差異？

A5: 管線末端用戶若採設置持壓閥，於尖峰用水時段恐無法進水，為

維持管線末端用戶水壓，位於高水壓地區之用戶配合設置持壓閥較為可行。管線末端用戶設置破壞負壓設備，除可防止負壓進水，並兼具低水壓亦可少量進水優點，自來水業者亦可不必大幅提昇水壓導致漏水量增加。

Q6. 如何解釋馬達直接抽水進水端水壓？

A6: 抽水進水端水壓分為動水壓與靜水壓，動水壓小於靜水壓，且動水壓會隨前端管線之管徑、內壁粗糙度、流速及與抽水機距離而異。

Q7. 馬達直接抽水增設自動控制回流量之小水槽其優點為何？

A7: 1. 非尖峰用水時段，原給水管水壓未消耗，並可持續全量運轉。
2. 一般用水時段持續運轉，僅少量回流(有別於裝設壓力開關或小型進水槽之停開運轉方式)。
3. 尖峰用水時段持續運轉，多量回流。

Q8. 馬達直接抽水採低壓自動回流之操作方式是否浪費能源？

A8: 相對於自蓄水池抽水，馬達直接抽水採低壓自動回流之操作方式，在非尖峰用水時段，給水管

原有水壓並未消耗，應可抵銷尖峰用水時回流所消耗之電力。

Q9. 馬達直接抽水增設自動控制回流量之小水槽，是否會發生水槽水滯留或漏水？

- A9: 1. 水壓低於 0.05 kg/cm^2 時，小水槽有回流，自動吸氣。
2. 水壓約 0.05 kg/cm^2 時，小水槽為有回流，為密閉式。
3. 小水槽在高壓時，未回流，為密閉式，惟小水槽內水體與抽水機進口端新鮮自來水可藉質傳效應，消除滯留所衍生之水質問題。

Q10. 藉由輔導專業廠商進行負壓污染防治改善之可行性？

- A10: 用水戶期望的是經濟可行且可確保水質之改善方案，完工後並可提供保固服務。倘有 20 家專業廠商願意投入，各完成 500 套改善個案並有效建檔追蹤，則短期間內即有一萬套用水設備水質獲得確保。

五、結論與建議

1. 以移動式水壓連續監測設備擴大管網水壓調查

本研究利用可移動式水壓連續監測設備，證實未裝持壓閥之地面下水池進

水時，確有負壓進水之現象；直接用水戶馬達直接抽水，亦有偶發性水壓接近負壓之情況，若廣泛採用類此可移動式水壓監測設備作週期性之移動監測，將有助於管網各供水點(尤其弱點區)之水壓掌握，並可具體呈現各管網改善工程案之水壓改善成效。

2. 未設接水槽或持壓閥之地面下水池應設置破壞負壓裝置

本研究於青島西路水質異常申訴案用戶處實地安裝之負壓防制設備，對未設接水槽或持壓閥之地面下蓄水池可有效防止負壓污染，其費用低於新台幣 2,000 元，應屬經濟可行。

3. 馬達直接抽水用戶應增設防止負壓裝置以杜絕負壓污染

(1) 低水壓地區設有水塔之用戶，於抽水機增設小型回流槽，由回流槽內浮球開關自動調整回流量，使抽水機持續正壓運轉補充水塔儲水。材料費約 5,000 元，經本研究連續模擬測試已證實可行，且無故障之虞。

(2) 高水壓地區用戶未設有水塔者，僅需於抽水機吸入端設置負壓破壞設備，以防止突發性停水所導致之負壓水質污染，其改善費用低於新台幣 2,000 元。

輔導專業廠商技術轉移，廣加宣導推廣，同時檢討相關法規強制改善

有關負壓進/抽水問題，除須對該等用戶造冊列管，促請改善外；建議儘速評析管網水壓，研擬可行的替代方案，輔導專業廠商，並廣加宣導；同時檢討相關法規強制改善，並提供緩衝期以利改善作業推動。即使已完成管網改善地區，經此推廣亦可達到多重保障用戶水質安全及穩定管網水壓之效果。

六、參考文獻

- 1.史午康等，「供水管網水質安全性探討及因應對策初擬」，台北市政府九十二年度員工平時自行研究報告，臺北水事業處，九十二年。
- 2.王根樹，「自來水用戶設備管理體系之建立」期末報告，2002。

自來水系統配水管網之管理

何承嶧* 駱尚廉**

一、前言

珍惜並有效利用寶貴水資源不但是民眾責任，也是自來水機構的一大挑戰，因近年每逢春季必產生之限水危機，使得「節約用水」列入政府相關部門推動的重要工作之一，而減少漏水及降低無費用水為節約用水相當重要之一環，因此建立良好的自來水系統配水管網之管理策略，愈發顯得重要。

隨著電子化時代的來臨，政府在面對漏水議題衝擊時，若能掌握最新及正確的資訊及資料，決策品質必得以提昇，同時可贏得民眾信賴。

二、管網管理應注意事項

根據國際自來水協會(IWSA)在1991年公佈一般影響漏水現象的因子整理如表一，故管網管理可由此等現象切入，從而制訂因應對策，必可收事半功倍之效。

表一、漏水影響因子權重表

影響因子	比例(%)
地層運動	27
管線腐蝕	19
交通負荷	11
供水水壓	8
挖填作業	8
管 齡	6
水 溫	6
管 材	5
管 件	4
地質條件	3
施工品質	2
其 他	1

由以上統計資料顯示，大致可瞭解管網管理問題成因複雜，以下蒐集之文獻則從理論，或從實務進行研究，顯示適切的管網管理實為必要，且研擬具體可行步驟是為當前政府應當努力的目標。

* 台灣自來水公司供水處工程員，台大環工所博士候選人

** 國立臺灣大學環境工程學研究所 教授

2.1 管材與管網之關係

2.1.1 管材抗蝕效益

管材的好壞，係以其耐用年限為首要考量，如何選用具抗蝕及抗壓的優良管種，則可從 Chan et al(2002)針對香港地區的自來水現有管種進行抗孔蝕效度的研究中一窺究竟。

在比較銅管(Copper pipe)、黃銅管(Brass pipe)、青銅管(Bronze pipe)、鑄鐵管(Cast iron pipe)及不銹鋼管(Steel pipe, SS304)對自來水(Tap water)及去離子水(Deionized water)的極化試驗(Polarization test)及孔蝕試驗(Cavitation test)中，皆證明不銹鋼管為香港地區最佳管種，而對香港自來水的輸送管材的選用上則最不建議採用鑄鐵管，因其極易受孔蝕侵蝕，應避免使用。

至於其所採用的腐蝕率公式是源自 ASTM(1999)G102-89，其計算公式表示如下：

$$C(\mu\text{m}/\text{h}) = K \left(\frac{i_c}{\rho} \right) EW \quad (1)$$

其中：

C ：腐蝕率。

K ：常數， $3.73 \times 10^{-4} \mu\text{mgA}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{h}^{-1}$ 。

i_c ：腐蝕密度(μAcm^{-2})。

ρ ：物質密度(gcm^{-3})。

EW ：物質等重(Material equivalent weight)，其表示式如下：

$$EW = \left(\frac{\sum_i n_i f_i}{W_i} \right)^{-1} \quad (2)$$

其中：

n_i ：管材組成物質的價數。

f_i ：管材組成物質所佔比例。

W_i ：管材組成物質的原子量。

由以上公式得知，在進行各項腐蝕率的計算時，需對各管材的組合物質做通盤性的瞭解，以便對管種選用上有所依循。

2.1.2 管材腐蝕效應

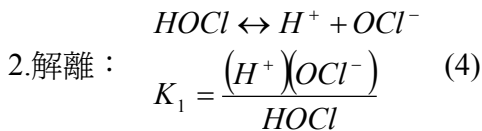
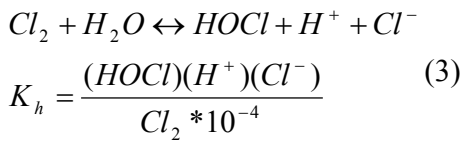
水管腐蝕形態一般可分為二類：其一為全面腐蝕，即水管內面以幾乎相同的速度發生腐蝕，常發生於銅管及石棉管；其二為局部腐蝕，如局部電池(Galvanic)、針孔狀腐蝕(Pitting)、裂縫(Crevice)及沖蝕(Erosion)，此現象多以金屬管為多。且其測試方式至少有三，包括有腐蝕傾向測定，其又可區分為預測水質穩定度及測定腐蝕電位；電化學腐蝕測定法及動態水流腐蝕電位測定法(吳先琪等, 1987)。

針對腐蝕相關影響因子的研究，一直以來為國際研究的焦點，值得注意其發展。有關飲用水水質項目可能具腐蝕潛勢之因子，氯塩及自由有效餘氯具有不容忽略的地位，緣自加氯水解化學反

應，可知其因餘氯所具備之消毒殘效，使加氯消毒仍是目前最常被採用的消毒程序之一。

有關自由餘氯消毒原理，可由下列化學反應式略窺其消毒機制。

1. 氯氣加入水中分解：



3. $HOCl$ 、 OCl^- 和 pH 之關係

$$\frac{(HOCl)}{(HOCl)+(OCl^-)} = \frac{1}{1 + \frac{(OCl^-)}{(HOCl)}} = \frac{1}{1 + \frac{K_1}{(H^+)}} \quad (5)$$

故由第(5)式可知：當 pH 愈低，或 HOCl 比例愈高，表示消毒效果愈好，但低 pH 產生的腐蝕效應，以及提高加氯量產生的成本負擔，都值得進行深入的研究。

依據民國 87 年環保署公佈之「飲用水水質標準」，有關氯鹽及自由有效餘氯限值規定彙示如表二，值得一提的是：自由有效餘氯標準，已由原先 0.2mg/L~1.5 mg/L，修正為較嚴格之 90 年標準 0.2mg/L~1.0 mg/L，因此相對於水質標準之提高，對後續腐蝕的影響值得追蹤研究。

表二、氯鹽及自由有效餘氯限值

項目	最大 限值	施行日期	單位
氯鹽	250	1. 台灣本島自公告日實施。 2. 離島自 89.12.1 起實施。	mg/L
自由有效餘氯	0.2~1.5	自公告日實施	mg/L
	0.2~1.0	自 89.12.1 起實施	

目前台灣自來水公司各地區管理處的氯鹽，以七區處的外島澎湖地區較高，其 88~89 年氯鹽檢測值平均值約為 273 mg/L，約高於限值 9.20%，惟各淨水廠實測值大多低於限值，以平均值計算並無法實際表現個別淨水場實際氯鹽濃度，然外島地區仍已針對氯鹽的控制，檢討增設海淡廠的可行性，故成本因素及民眾接受度，亦已評估考量；至於自由有效餘氯除第五區管理處之大林營運所所轄之第二淨水廠年平均值為 2.2mg/L 超出限值外，餘則大致均控制在飲用水水質標準範圍內，雖該地的破管紀錄尚屬合理範圍，然仍可密切注意該水質項目與漏水現象之後續發展。

除以上因素外，健康影響度亦為採加氯消毒對漏水影響度之外需考量的因素，所幸 Yang, et. al.(2000)研究台灣地區水中餘氯與出生低體重嬰兒(<2500g)

間，並無直接證據可證明其具關連性；同時 Zhang, et. al. (2000)提醒高劑量三鹵甲烷，當濃度大於 $20 \mu\text{g/L}$ 相對濃度小於 $5 \mu\text{g/L}$ ，其對死胎率的影響的風險度為 1.98 (95%信賴區間)。

2.1.3 氯系消毒劑對管材的影響

Haas et al(2002)針對延性石墨鑄鐵管(Ductile iron pipe)，有否加襯防蝕內裏(Lined or unlined)，並與傳統的塑膠管(Polyvinyl chloride pipe)進行內含不同氯系消毒劑時的殘效分析。本研究根據加氯消毒，在不同 pH 時，產生兩種不同的一階反應速率常數 k_1, k_2 ，此特性結合分率(Fraction)概念，Haas & Karra(1994)發展出不同作用時間的殘氯計算方程式，並表示如下式所示：

$$C = C_0 \left[x \cdot e^{(-k_1 t)} + (1 - x) \cdot e^{(-k_2 t)} \right] \quad (6)$$

其中： x 表示在第一階段的氯含量。

在實際運用上，次氯酸鈣(Calcium hypochlorite)、次氯酸鈉(Sodium hypochlorite)及次氯酸(Hypochlorous acid)因皆具餘氯殘效，故被用來進行此次實驗的消毒劑。實驗方法運用統計，結合變異數分析(ANOVA)，進而得到表三的參數表。運用此表可輕易得知 Lined DIP、Unlined DIP 及 PVC 的最佳消毒動力參數，以計算不同消毒劑、不同時間，在此三種管內的殘留時效。

表三、最佳氯系消毒劑動力模式參數分析表

項目	k_1 (h^{-1})	k_2 (h^{-1})	x
常數	2.626		
管材			
Lined DIP		-0.006704	0.18313
Unlined DIP		-0.005461	0.17874
PVC		-0.007918	0.05839
消毒劑			
Ca(OCl) ₂			-0.04256
NaOCl			-0.04074
HOCl (直徑) ⁻¹ , (in) ⁻¹		0.11484	0.44221
(直徑) ⁻³ , (in) ⁻³		-0.16808	

另一方面，在耗氯量方面，DIP 要比 PVC 需氯量要高；另言之，即表示同樣濃度的氯系消毒劑，在 DIP 裏殘留的時間要比在 PVC 裏的殘留時間要短，故如需達到同樣的消毒效果，則在 DIP 管材的加氯量需比在 PVC 要多。至於消毒劑的運用，由表 2.1.3.1 可知 HOCl 絕大部份的反應在快速反應裏完成，故在第一階段反應裏並無存量；而在管徑的試驗裏，已證實管徑愈小，對消毒劑的需求愈高；即快速反應需求量(x)及慢速反應常數(k_2)愈大。

2.1.4 自來水配水管加氯的衰減現象

Hallam et al(2002)引用美國自來水

協會(AWWA)的加氯降解公式：

$$\frac{dC}{dt} = -kc \quad (7)$$

並定義降解常數為一階反應常數，其乃水體耗解速率常數(k_b)和管壁作用反應常數(k_w)之和，表示式為：

$$k = k_b + k_w \quad (8)$$

其中：

k ：一階降解常數(first-order decay constant(h^{-1}))。

k_b ：空白一階氯降解常數(bulk first-order chloride decay constant(h^{-1}))。

k_w ：管壁一階氯降解常數(wall first-order chloride decay constant(h^{-1}))。

至於對 k_w 之影響因子，包括有管材、直徑、氯初始濃度、腐蝕現象及生物膜影響。

為求實驗設計的完整性，乃設計除實驗室(Laboratory)的模擬試驗外，亦設計實廠試驗(In-situ)。Hallam 在 Laboratory 的測試重點，著重在瞭解水流穩定度對 chlorine 散佈均勻性的影響，因此加設磁攪拌器、排氣閥以達到目的。另則以 in-situ 的試驗中加強實驗室測試時所受到的限制，以期獲致較佳的結果。以下則整理介紹在實驗室裏應特別注意的限制條件：

- 1.用新管，忽略管齡因素。
- 2.磁攪拌器對現實狀況助益不大。

3.水樣無法從管壁取得。

4.加氯量過高於實際。

5.測試水溫 $> 19^{\circ}C$ ，高於實際。

6.需停留過長時間，才能得到管壁氯降解值。

根據上述考量，因此在 in-situ 的測試重點，則加強注意管徑、管長、管材及施作年代，以瞭解對加氯耗減量的影響。依據研究結果顯示，對氯具反應性的管材為鑄鐵管(CI)及鋼管(SI)；而具反應性的管材則為塑膠管(PVC)、中密度聚烯管(MDPE)及延性石墨鑄鐵管(DIP)。至於與氯降解正相關的參數為流速(Flow velocity)；另外與氯降解非明顯相關的因子則包括有：雷諾數(Reynolds number)、TOC、管徑(Pipe diameter)及溫度(Temperature)，但也沒再進行更深入的研究，故並未證實絕對不相關，例如溫度升高時，必然對氯降解速率確有提昇作用；而進行生物性分析時，則測得生物膜(Biofilm)低於 $51-670pg \text{ ATP/cm}^2$ 以下時，對氯降解速率不具影響性。故均值得後續研究進行鎖定探討。

2.1.5 水質對腐蝕潛勢的貢獻度

根據小林康彥(1984)研究，水質除氯鹽及自由有效餘氯外仍有其他條件，造成腐蝕影響，以下則是可能影響因子：

- 1.低 pH 值：軟水或 pH 值過低，將造成管內腐蝕。

2. 高溶氧：當配水清水溶氧濃度高於 3~5mg/L 時，可能助長腐蝕。
3. 高導電度：導電度愈佳，則表示腐蝕愈大。
4. 高碳酸鹽與氯酸鹽濃度：濃度愈高，則表示腐蝕愈強。
5. 鐵細菌與硫酸鹽還原劑：都能加速腐蝕並產生腐蝕副產物。
6. 低鹼度及硬度：低鹼度及硬度限制碳酸鈣保護層形成，且對於 pH 改變之抵抗較小，容易被腐蝕。
7. 游離氮：會促進鐵及銅的腐蝕。
8. 金屬離子：某些金屬離子會促進腐蝕作用，如銅離子會促進鋅鐵管的腐蝕。

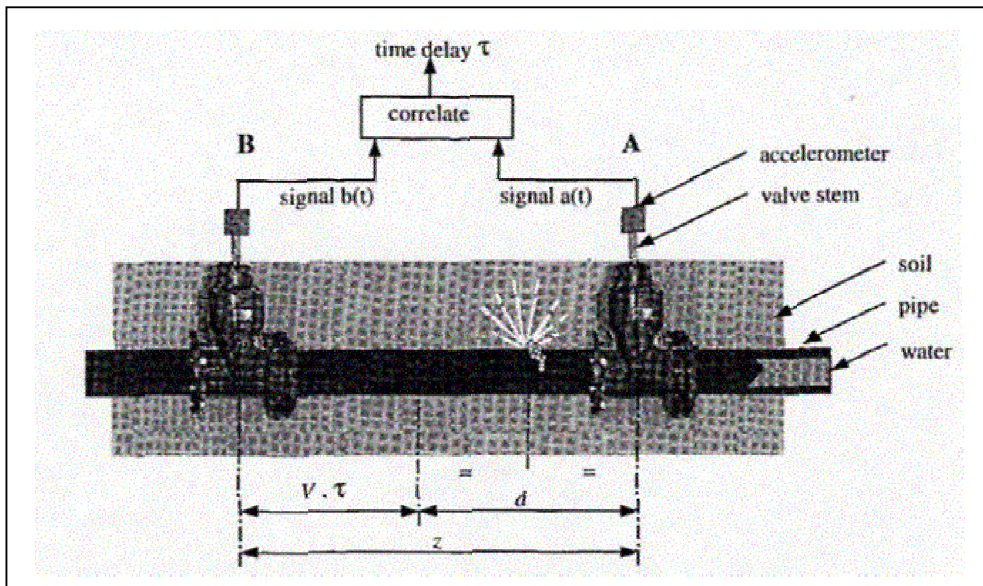
其餘除壓力外，在高溫、低流量及水管死端具高腐蝕率，而彎管及流速快管段則因沖刷而易被腐蝕，以上現象均需考量不可偏廢。

2.2 管網管理實務與理論

2.2.1 聲波傳導監控技術

Long et al (2001)以英國泰晤士自來水公司所供應之倫敦地區供水區為研究對象，範圍內含約 80,000 公里的自來水管長及超過 1800 萬以上的接頭。

聲波偵測未知漏水點技術已逾 20 年以上，其設備配置詳如圖一：



圖一、聲波偵測漏水位置示意圖

運用震動原理互為連接任選距離 z 之 A、B 兩閘栓，同時放置加速偵測儀器(accelerometer)，分別偵測所得信號表示為 $a(t)$ 及 $b(t)$ ，因兩訊號點對應之斷面相關函數與時間延遲 τ 具密切關係。因此藉由置中之偵測器與 A、B 訊號接受器之 $d/2$ 距離，從假定漏水點所傳出聲波訊號，以非分布速度 V (non dispersive velocity) 傳遞，並進而推估漏水點位置，此實務方法對協助檢漏業務助益良多。

2.2.2 作業研究

Tucciarelli et al (1999)認為最佳的控制閘管理是偵測漏水的良方。因此以數值模擬模式進行管網流量分析及探討漏水量居中所扮演的角色。在問題的架構上需先假定為穩流狀態。其目標函數設定總水頭變化加上總流量變化的總值為最小，至於其限制式則考量慣性矩連續方程式(Momentum continuity equation)為平衡條件。該研究將目標值函數設定為下列因子的函數：包括有總需求量(Total demand)、漏水代表因子(Loss exponent)、漏水係數(Loss coefficient)及粗糙度(Roughness factor)。

在該研究流程中，設定求解條件有二，其一為區域阻抗(Local resistance)需在容許值之內，其二則為時間值必須大於 1，符合此等條件目標函數值始得以

接受。經過多次、多區域的運算彙整，可以「總需求量」及「漏水係數」的對數負值為座標，繪出等目標函數區線(Contour lines of objection function)，俾利後續相關求解的對照圖，如此可節省大量時間。

模擬演練所得漏水率最佳計算值為 48.8%。但進行敏感度分析時發現：當以全數控制因子同時進行分析，所得漏水量卻高達 72.6%，而分別就每項因子對漏水率的影響程度進行個別影響分析，則可由表四、看出詳細漏水量的推估範圍。此現象因僅進行 3 至 5 次迴圈計算，故存在大範圍的不確定因素，但藉著電腦快速計算時代的來臨，此類運算收斂問題的可接受程度將可獲得改善。

表四、目標函數參數值對應漏水率分析表

目標函數參數值	漏水率(%)
總需求量	46.7
漏水代表因子	63.8
漏水係數	60.0
粗糙度	48.7

該研究在義大利 Palermo 城進行 105 支管線及 90 個節點的區域配水管網系統的實際演練過程中，即運用電腦計算，將最終的推估結果逼近至與實際值相差無幾，得到很好的成效。因此對使用者與經營者皆提供一套良好的運用工具。

2.2.3 非線性規劃與連續二次規劃

Mpesha et al (2001)認為良好的壓力管理是控制漏水量的重要因應對策之一。其研究方法乃在於運用數學模式，進行最佳管閥設置地點的模擬，同時為使分析結果更具信效度，因此研究者選擇兩種數值分析方法進行比對。以下分別介紹其運用之原理、考量因子及運用的研究法。

非線性規劃 (Non-Linear Programming, NLP)

以最小漏水量為目標函數，以連續方程式及邊際條件為限制式，並以控制閥是否設置之二元變數進而求解之。其主要的參數包括有：水頭損失(Head Loss)、消費者用量(Consumption)、管長、管徑及海生威廉摩擦係數(Hazen William Friction Coefficient)。本法為確保區域解為最佳解，需將各參數以不同起始值予以測試，當各區域解為最佳解時，全域解的優選方案才得以出現。

連續二次規劃(Sequential Quadratic

Programming, SQP)

運用更細微的逼近法來設定目標函數，本研究法將管網內的每段管線分別計算其是否需設置控制閥，當完成前一段的求解後，再調整向度以利進入次一階段，使達成有效的計算。在參數方面除 NLP 的影響因子外，另需加上高程(Elevation)因子的考量。此方法最大缺點在於需常更新管網系統資料，以使求解結果得以維持在最佳狀態。

透過兩種不同目標函數及限制條件的規劃設計，在與原系統進行比較結果可知：當決定應在何處增設控制閥後，其控制漏水的成效將有明顯提昇，而 SQP 控制的效果較 NLP 佳。

至於以全日 24 小時為模擬單位，將各節點進行目標水壓與實測水壓的比較，可看出 SQP 某些節點模擬水壓不超越目標值，顯見其較能精確推估可能漏水的存在，而使實測水壓因漏水而較目標水壓為低。但無論如何本研究提供適時適地增設控制閥的方法，是防制漏水的有效策略，值得參考。故解決漏水問題的偵測技術，「壓力管理」因可收立竿見影之效的方法，值得評估其適用性。

2.2.4 地理資訊系統協助管理自來水管網系統

對提供維生系統的自來水管線而言，其破壞力最強的天然災害，莫過於

地震。因此研究如何運用 GIS 推估配水管線所可能受到的影響，成為每次發生震災過後的顯學。Jeon (1997)研究地震對自來水管的影響，首先完成配水管網及流量分析的圖資建置工作，再以地震搖晃程度(Shaking intensity)、液化潛勢(Liquefaction potential)及永久地表變型(permanent ground deformation ,PGD)等參數進行模擬。作者以不同參數值來決定震度及模擬其對自來水配水管網的影響，以未雨綢繆，研擬防災因應對策。

Lin (2002)針對地震對不同自來水管材的影響，進行修復性研究，作者以美國 1994 年 Northridge 地震進行案例研究，評估鑄鐵管(cast iron pipe, CIP)、球型石墨鑄鐵管(ductile iron pipe, DIP)、石棉管(asbestos cement pipe, ACP)及鋼管(steel pipe, SP)等管材。其研究方法有三：其一為界定影響參數，兩兩比對並以迴歸分析統計其間顯著相關性(Statistically Significant Correlation)；其二則是運用 GIS，將受損程度以視覺化方式呈現，將地震等影響區域(contour intervals)表示出來；其三則選定最常用的管種鑄鐵管(CIP)進行機械式測試。在研究結果方面，確定尖峰地表速度(peak ground velocity, PGV)和管線修復率(pipeline repair rate, PRR)均為標稱管徑(nominal diameter)函數。並在兩兩

比對結果顯示：管接頭數及損壞率(Damage Ratio, DR)之於震度損壞因子(seismic damage factor, SDF)有較佳的相關性；而機械測試方面，模擬地震橫向作用力，其收縮試驗條件為 50 轉(cycles)；另縱向作用力，其位移旋轉試驗為 200 轉，所得測試結果，CIP 均不被破壞，證實其為優良管種。

另作者歸納除地震對管材造成威脅外，餘如熱脹冷縮(Thermal expansion and contraction)、交通負荷(Traffic loading)、回填效應(Backfill effects)及挖掘(Excavation)等因素均為重要影響因子，故將 GIS 納入管理系統除可提供視覺效果，對管理策略制定將更具成效。

三、管網管理問題

3.1 漏水分析

根據駱等(1997)整理自來水管漏水發生原因大致可歸納如下：

1. 接頭縫隙過大：接頭數、止水環材料老化、受侵蝕或受震動，將導致接頭縫隙變大而發生漏水。
2. 破管或爆管：當管體或附件受到過大外力（如張力、壓力、剪力或彎矩）、過大的內壓力（水壓）或不均勻荷重，會導致管材破裂或斷裂。其主要內容分為三類：

(1) 箍應力破壞(Hoop Stress Failure)。

(2)縱向破壞(Ring Failure)。

(3)樑破壞(Beam Failure)。

3.消防栓與閥件閉鎖不牢：與其數目及管線長度相關，此類誤差可以良好維護計畫或加強檢修漏予以降低。

4.配水池蒸發、溢流及漏水。

故漏水控制策略可先從上述焦點進行實務減漏。

3.2 無費水量

目前台灣省自來水公司估計無費水量約為 7%，其項目至少包含消防用水量、事業用水量、水表不感量及違章竊水量等項目，故駱等(1997)瞭解無費水量主要組成係由漏損所造成，因而積極研擬如下對策，以設法彌補未知的漏水現象：

- 1.澈底做好水量的量測，出水總錶一方面其品質要掌握，另一方面要定期檢測與校正，以掌握正確的出水量，因為無論是無費用水或是漏水率的計算，其基礎均為正確出水量。
- 2.減少業務與施工用水，並改進施工方法，以減少施工用水量。
- 3.對於無錶之公共用水及其他用水等加裝水錶，以掌握該用水量，縱使該用水為不收費水量。
- 4.推行「節約用水」，減少公共用水量。
- 5.要求消防局確實回報消防用水量，避免流於形式而變成空談。

6.對於用戶水錶品質需確實掌握，並加強水錶維護，汰換逾齡水錶，以提高水錶品質，減少錶差與不感水量。而水錶裝設時也要注意其施工品質，儘量維持其水平與固定。

7.對於工商業大水量用戶之水錶，要定期檢測，以確保其正確性。

8.對於水錶不感水量，可以總抄見量加 10%，以彌補水錶不感量；或增加配水壓力使每次用水之流量增加，可降低錶差及不感水量。但因增壓將使漏水量增加，故增加壓力的方式需謹慎使用。

9.確實抽查抄錶，以減少讀錶及記錄的誤差。

10.加強取締違規用水，尤其抄收人員及外勤人員，接觸面較多，又因工作環境緣故，對供水區域環境較為熟悉，如稍加留意與觀察，對該項業務會有很大的效益。

11.改變水錶的裝設位置，儘可能將水錶的裝設靠近配水管，其可得如下好處：

(1)可減少被私接用水機會，並增加發現違規用水的機率。

(2)假設漏水發生條件均不變，而此時部份漏水發生在給水內線的位置，對於自來水機構收入勢必增加。

(3)自來水機構所需負責維護管線長度也會減少而降低成本。

(4)可藉此機會教育民眾，使其對於自己的管線多加注意，早日發現水俾便即早修理之。長期以往則可有效降低漏水量。

就工程實務而言，在工程施工前作好協調，提供配水管線位置、管徑等資料供施工單位參考誠屬重要，然另需特別強調民眾如遇自來水設備損壞時應儘速通知相關單位，俾利隨時派人查察修復，如此全民監管水資源，藉由喚醒全民參與的熱情，使緊急事故得以降至最低。

四、管網管理策略

根據自來水事業及文獻資料顯示，現行管網管理策略可整理如下八項作業要領。

- 1.加強管線汰換：如水價得以合理調整反應成本後，應依據第二十屆國際自來水年會建議最低年汰換率 1.5%，辦理管線汰舊換新，才能保持漏水率不致上升。
- 2.選用優良管種：實施新埋或汰換管線時應採用優質管種，使管齡得以延長，以減少漏水量。
- 3.加強巷道給水管整合：老舊或同一巷內多條給水管應予更新為不銹鋼管或

單一配管，以減少漏水機率。

- 4.加強檢修漏：在管線汰換率無法正常實施前，祇有採取加強檢修漏作業，才可減緩或抑制漏水量的增加。
- 5.積極實施小區管網：小區管網是管線管理及維修的最佳策略，既利於檢測漏水，又可降低停水影響範圍。
- 6.加強配水量及水壓管理：依需水量而決定生產水量或配水量，避免造成生產過剩而增加營運成本及漏水，更因此應作好水壓管理以減少破管機率。
- 7.建置地理訊系統：結合資訊化的國際趨勢，使管線設施圖形及屬性資料得以完美整合，應使用者使用目的而彈性運用，並發揮快速且省時省力特性，提昇自來水事業決策及服務用戶的品質。
- 8.架構完成監控系統：即時傳輸資訊的優點可提供決策者執行最佳因應策略，故監控系統的架構是管理者的優選策略。然此步驟需先完成地理資訊系統的建置，同時必須完成監控點最佳設置地點的評估作業，因此前置作業需積極完成，始得以竟全功。

當順利完成上述預期工作，可據以建置一套即時查詢及預測漏水點位的地理資訊系統供自來水事業實際運用，對整理管網系統的管理可發揮全面掌控的理想境界。

五、管網良好管理之效益

5.1 可計量效益

以台灣自來水公司 93 年度管線漏水率為 23.78%，漏水量約 7.09 億立方公尺為例，相當減少 1% 漏水率，即減少約 3000 萬立方公尺。配合生產成本平均每立方公尺約為 2 元（含原水購買費、電費，藥品費）計算，則表示每減少 1% 漏水率，可節省 6000 萬生產成本。

傳統聽音檢測漏水技術，根據台灣自來水公司數據資料顯示：平均每年檢出地下漏水約 10,000 件，漏水量每件平均為 50CMD，配合生產成本平均每立方公尺約為 2 元，總減少漏水損失效益每年約為 4 億元。

5.2 不可計量效益

配合資訊化處理漏水問題，除可減少人力外，其餘好處尚包括延緩擴建淨水場及新闢水源之壓力；提高供水水壓、減少水污染，改善供水品質；降低破管機率，減少交通、環保等社會成本支出，提升政府施政形象等。

當 GIS 協助規劃管網區域小型化，使漏水控制更有效率；又因檢修人力的充份運用，可較精準控制漏水事件並予以適時修漏；另外可有效控管因調配水量或停水時所影響戶數，藉以提升服務

品質。如遇突然爆管事件，可由即時監控系統關閉附近閥門，減少漏水損失。並由警示系統顯示事件發生地點，由供水單位通知最近受影響區域，做好紓困措施，同時施工範圍縮小，使施工工期縮短，提升供水品質。

綜合上述，良好管網管理實屬必要，而更進一步則需妥善運用嶄新技術，由決策者以專業知識做最即時及具前瞻性的判斷，才能相得益彰，人民與政府雙贏，共創和諧社會。

六、參考文獻

- 1.Chan, W. M., F. T. Cheng, and W. K. Chow, "Susceptibility of materials to cavitation erosion in Hong Kong," *J. AWWA*, 94:8, pp. 76-84(2002).
- 2.吳先琪、莊東漢、黃靜潭、蘇鈞達，「自來水管材料之腐蝕及溶出物之研究」，台灣省自來水股份有限公司專題研究計畫，台中（1987）。
- 3.環保署，飲用水水質標準，台北（1998）。
- 4.台灣省自來水股份有限公司，台灣省自來水公司 88~89 年水質檢驗統計，台中(2004)。
- 5.Yang, C. Y., B. H. Cheng, S. S. Tsai, T. N. Wu, M. C. Lin, and K. C. Lin, "Association between chlorination of

- drinking water and adverse pregnancy outcome in Taiwan,” *Environmental Health Perspectives*, Vol. 108, pp. 765-768 (2000) .
6. Haas, C. N., M. Gupta, R. Chitluru, and G. Burlingame, “Chlorine demand in disinfecting water mains,” *J. AWWA*, 94:1, pp. 97-103(2002).
7. Hallam, N. B., J. R. West, C. F. Forster, J. C. Powell, and I. Spencer, “The decay of chlorine associated with the pipe wall in water distribution system,” *Water Research*, Vol. 36, pp. 3479-3488(2002).
8. 小林康彦，陳從和譯，「配水管與給水管設備之腐蝕及其對策」，自來水會刊雜誌，第十一期，第 126~136 頁(1984)。
9. Long, R., K. Vine, M. J. S. Lowe, and P. Carley, “Monitoring Acoustic Wave Propagation in Buried Cast Iron Water Pipes,” *Review of Quantitative Nondestructive Evaluation*, Vol. 20, pp. 1202-1209 (2001) .
10. Tucciarelli, T., A. Criminisi, and D. Termini, “Leak analysis in pipeline system by means of optimal valve regulation,” *J. Hydraulic Engineering*, Vol. 125, No. 3, pp. 277-285(1999).
11. Mpesha, W., S. L. Gassman, and M. H. Chaudhry, “Leak detection in pipes by frequency response method,” *J. Hydraulic Engineering*, Vol. 127, No. 2, pp. 134-147(2001).
12. Jeon, S. S., “Seismic performance assessment of water delivery systems using GIS technology,” *PhD's Thesis*, The University of Memphis, Memphis, PhD (1997) .
13. Lin, H., “Earthquake performance of pipelines and residential buildings and rehabilitation with cast-in-place pipe lining system,” *PhD's Thesis*, Cornell University, Cornell, PhD (2002) .
14. 駱尙廉、林文淵、陳奕能、楊昆霖、廖淳延，「減少漏損及無費水量之經濟研究」，中華民國自來水協會委託專題研究計畫，台北（1997）。
15. 台灣省自來水股份有限公司，台灣省漏水統計量，台中（2005）。

國際水價趨勢探討

謝堯煌¹、李丁來²、董季琪³

一、前言

水價政策世界各國各有不同，一般而言，水價政策基於財務因素甚於經濟因素，水價訂定時必須符合成本效益，促使水資源的合理利用，避免過低的水價而造成用水浪費及自來水業者取水、淨水和供水等的財務狀況失衡入不敷出，致無法更新設備降低經營績效，另就環境保護的觀點而言，供水成本亦應包含對環境造成損害以及資源消耗等社會成本。

目前國內水價的訂定，係依自來水法暨施行細則相關規定，報請自來水法主管機關核定，而政府及民意機關在審議水價時須考慮供水成本、水資源保育、社會公平、行政效率、國民健康、民意接受性及其他政府政策（包括提高自來水普及率、提供高品質衛生的飲水等，這些政策需要擴大大自來水事業的投資、提升淨水處理能力和更換老舊設備、管理等諸多因素），因此水價的調整往往需基於“政治”的考量，而非是“經濟”因素，現階段自來水價格偏低，造成自來水事業不易維持供水設備

之正常維護，與合理汰換老舊管線，相對形成政府對於大量用水者補貼，衍生用水效率與社會公平的問題。

2003年9月1日所召開的全國水利會議⁽¹⁾中，前臺灣經濟研究院院長，現任行政院副院長吳榮義也提到「現今水價已無法反映水資源的稀少性和價值，對資源的使用效率和保育皆有負面影響；水價應考慮水資源市場之結構，必須同時反映水資源的供給成本和使用者成本」，因此了解國際間水價概況，有助於釐清水價之相關問題。

二、IWA 水服務費之國際統計資料⁽²⁾⁽³⁾

國際水協會（International Water Association, IWA）「統計及經濟專家小組」（The Statistics and Economics Specialist Group）於2004年9月，在摩洛哥 Marrakech 市舉行之第四屆年會時，發布2003年世界各國以美元計算之國內生產毛額（Gross Domestic Product, GDP）及家庭用水戶每年用水200m³之水服務（含自來水及污水）費用調查資料，惟因部分國家或城市之資

1. 台灣省自來水公司第十一區管理處經理
2. 台灣省自來水公司第十一區管理處操作課工程師兼課長
3. 台灣省自來水公司第十一區管理處工務課營運士

料有所欠缺，故筆者另自 IWA 網站 (www.iwahq.org.uk) 擷取最近之 1999 年水服務 (僅自來水) 費用國際統計資料予以補充彙整成表一，總共有 48 個國家或地區，63 個城市。另比較世界 48 個國家主要城市/地區每戶家庭平均自來水水費與 GDP 比值，彙整如圖一。

圖一顯示，世界各國每戶家庭平均自來水水費支出占 GDP 比值最高者為印尼之 32.14%，第二為伊索披亞 16.53%，最低者為沙烏地阿拉伯之 0.08%，次低者為加拿大之 0.12%，平均值為 2.49%，我國則為 0.21%，在世界各國中，係排行倒數第三低，除沙烏地阿拉伯、加拿大外，均遠低於世界各國主要城市/地區。

如依據該 48 個國家或地區 GDP 情形，區分成 GDP < 1 萬美元，1 萬美元 < GDP < 2 萬美元，GDP > 2 萬美元，則可發現在 GDP < 1 萬美元之 22 個國家或地區，其每戶家庭平均自來水水費支出占 GDP 比值平均為 4.57%，GDP 介於 1 萬美元至 2 萬美元之 7 個國家或地區中，其每戶家庭平均自來水水費支出占 GDP 比值平均為 0.77%，GDP 高於 2 萬美元之 19 個國家或地區中，其每戶家庭平均自來水水費支出占 GDP 比值平均為 0.71%，顯示 GDP 愈高國家 (除香港及新加坡外，均為「經濟合作

暨發展組織，OECD」國家)，其每戶家庭平均自來水水費支出占 GDP 比值愈低，GDP 愈低國家，其每戶家庭平均自來水水費支出占 GDP 比值愈高。

三、OECD 國家水價調整趨勢⁽⁴⁾⁽⁵⁾

經濟合作暨發展組織(Organization of Economic Corporation and Development，以下簡稱 OECD)在 1989-1999 年對於水價調整作業已累積相當多之經驗及進步，包括水事業之管理自治化、強調全成本反映水價及水價補貼透明化、廣泛的運用邊際成本原則於水價結構中、更高之家庭及工業用水水價、針對特別供水要求及處理服務訂定附加費、並進行試驗探討可負擔水價下之最小供水量等，OECD 國家之水價發展趨勢，主要是針對幾種重要的用水部門，包括：農業用水、工業用水及家庭用水，同時也探討非部門 (non-sectoral) 之用水價格議題，例如：用水津貼、制度改變和負擔能力。

雖然水價結構和高低程度一直不斷在變化，但是在過去 1989-1999 年間，OECD 國家一直在朝向更合理的水價目標邁進。僅列出近 1989-1999 年來 OECD 國家之水價平均調整漲幅及累積漲幅概況表 (如表二；圖二，圖三)。資料顯示

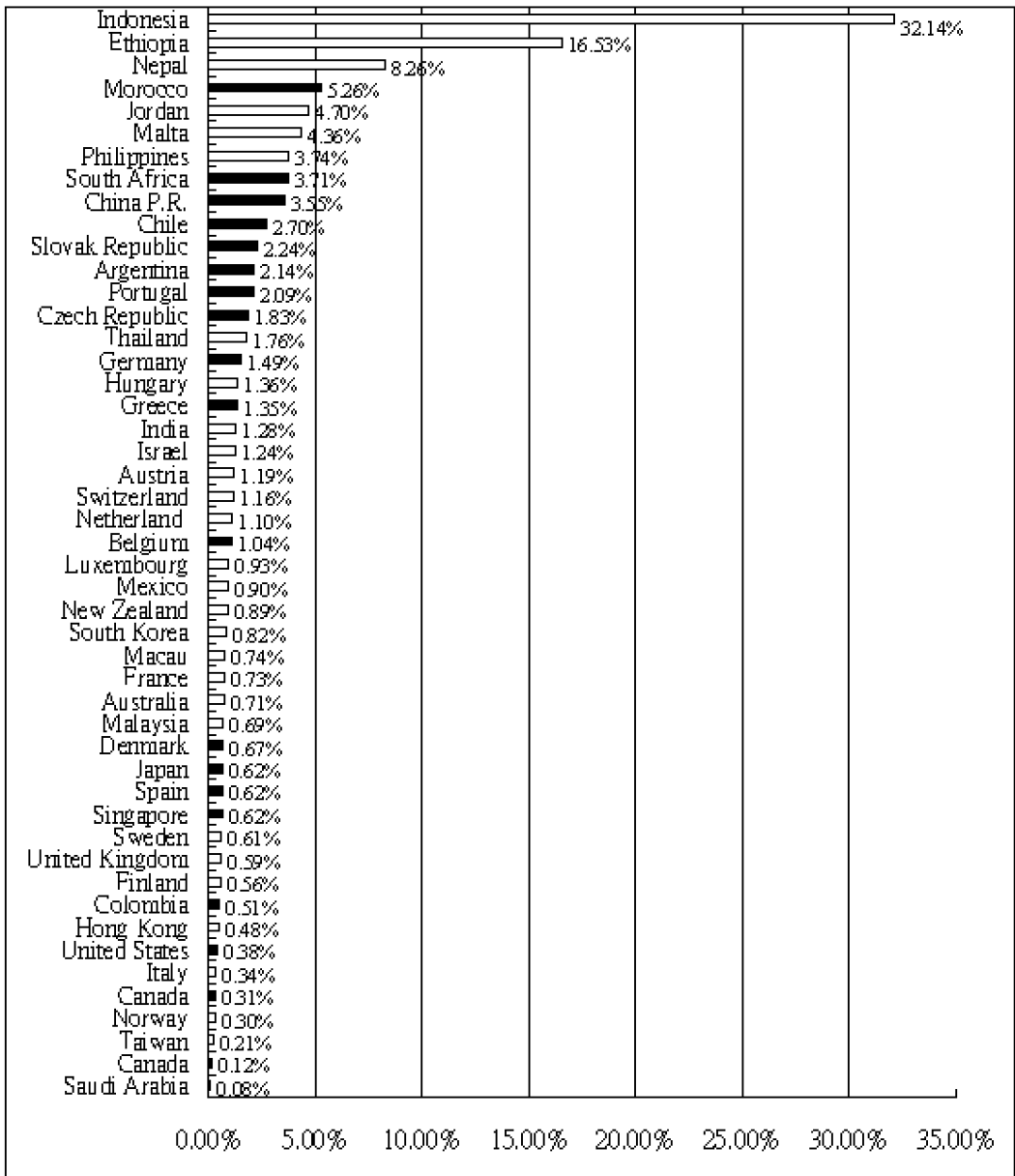
表一、世界各國主要城市 2003 年每戶家庭水服務費概況

國家	平均每人 GDP(US\$)	城市	飲用水				污水				年合計 水服務 費
			固定費	變動費	附加 費	小計	污水費	廢水 處理 費	附加 費	稅費	
Argentina	817	Buenos Aires	17.5			17.5	17.5			9.3	44.3
Australia	20504	Brisbane	55.3	90.7		146.0	174.2				320.2
		Melbourne	29.4	85.0		114.4	122.5				236.9
		Perth	79.8	51.2		130.9	235.0				365.9
		Sydney	41.5	104.0		145.5	181.6				327.1
Austria*	24969	Vienna				296.9					
Belgium	29119	Brussels	20.5	282.4		302.8	39.4				342.2
Canada	29381			90.6		90.6		57.9			148.5
Chile*	4860	Santiago				131.2					
China P.R.*	682	Beijing				24.2					
		Shanghai				21.3					
		Tianjin				20.6					
Hong Kong	23791			115.4		115.4	25.3				140.6
Taiwan	14164	Taipei	1.7	28.7		30.4	0.1				30.5
Colombia*	1800	Santa Fe de Bogotá				9.1					
Czech Republic*	4880	Prague				89.1					
Denmark	33663	Copenhagen	30.3	194.9		225.2	283.4			162.9	671.5
Ethiopia*	93	Addis Adeba				15.4					
Finland	26439	Helsinki	78.3	68.9		147.2	234.2			84.4	465.8
France	25180	Paris	16.5	167.1		183.7		143.7	107.9	23.9	459.2
		Lyon	52.0	234.8		286.8		131.9	78.5	27.4	524.6
Germany	23450	Berlin*				350.2					
		Hamburg	51.7	269.7		321.4	507.9			18.9	848.1
Greece	12774	Athens*				172.2					
Hungary	6916	Budapest		94.0		94.0	100.0			23.3	217.3
India	470	Delhi		6.0		6.0					6.0
		Mumbai		12.0		12.0					12.0
Indonesia*	269	Dki Jakarta				86.3					
Israel*	15917	Jerusalem				196.6					
Italy	17950	Rome	8.2	53.0		61.2	18.9	54.4		13.5	148.0
	20287	Milan	2.8	22.5		25.2	16.9	50.8		9.3	102.3

Japan	31373	Tokyo	89.8	105.7		195.5	162.0			17.9	375.5
		Sapporo	128.8	162.7		291.5	113.1			20.2	428.8
Jordan*	1305	Amman				61.3					
Luxembourg*	34542	Luxembourg				320.2					
Macau	14786	Macao	3.9	105.3		109.1					109.1
Malaysia*	3266	KualaLumpar				22.4					
Malta*	8311	Malta				362.3					
Mexico	5821	Mexico City	4.6	48.0		52.6					52.6
Morocco*	1251	Casablanca	6.8	59.0		65.8	18.4			5.9	90.1
Nepal*	191	Kathmandu				15.8					
Netherland	26672	Amsterdam	38.3	255.9		294.2	103.7	155.5		46.9	600.3
		The Hague	57.3	253.9		311.2	60.1	167.2		47.9	586.4
New Zealand*	14070	Wellington				125.8					
		Auokland				91.8					
Norway	44719	Oslo	18.4	116.1		134.5	174.3			74.1	382.9
Philippines*	847	Manila (East)				13.3					
		Manila(West)				31.7					
Portugal*	9183	Lisbon				191.7					
Saudi Arabia*	6805	Riyadu				5.3					
Singapore	22571	Singapore		140.0		140.0	2.0			42.0	184.0
Slovak Republic	4370	Bratislava		98.0		98.0	62.0			13.7	173.7
South Africa	2321	Johannesburg		86.1		86.1					86.1
South Korea	9910	Seoul	10.4	51.3	19.2	80.9	19.2				100.1
Spain	19202	Madrid	32.3	86.9		119.3	52.8			8.4	180.4
		Barcelona	44.8	130.4		175.2	28.5	73.8		17.7	295.2
Sweden*	24985	Stockholm				151.3					
Switzerland	38716	Geneva	279.2	169.3		448.5	161.3			23.0	632.8
Thailand*	1905	Bangkok				33.5					
United Kingdom	26322	London	154.2			154.2	148.0				302.2
		Manchester	166.7			166.7	157.3				324.0
United States*	29958	Los Angeles				115.2					
		New York				84.4					

說明：

- 1.本表係以每戶年用水量 200m³ 為計算基準，水費金額以 2003 年 10 月 31 日之美元匯率換算。
- 2.本表資料主要取材自國際水協會「統計及經濟」小組所製“水服務之國際統計”(Marrakech 2004)，惟因部分國家或城市之資料有所欠缺，故表中“*”係另取材自 1999 年之國際統計資料。



圖一、世界 48 個國家主要城市/地區每戶家庭平均自來水水費與 GDP 比值

表二、我國與 OECD 國家之水價調整漲幅概況表

國名	累積漲幅 (%)	平均年實際增幅 (%)	國名	累積漲幅 (%)	平均年實際增幅 (%)
美國(1992-1998)	34	2.4	匈牙利(1986-1996)	3923	18.7
澳洲(1995-1996)	0.7	-0.6	義大利(1992-1998)	39	2
日本(1995-1998)	2.5	0.3	捷克(1990-1997)	2591	NA (無法推估)
韓國(1992-1996)	45	2.6	盧森堡(1990-1994)	42	6
比利時(1988-1998)	65	2.7	荷蘭(1990-1998)	73	4.6
丹麥(1984-1995)	175	6.3	瑞典(1991-1998)	35	1.9
芬蘭(1982-1998)	234	3.8	英格蘭及威爾斯 (1994-1998)	22	2
法國(1991-1996)	55	7	蘇格蘭(1993-1997)	28	3.4
德國(1992-1997)	36	3.8	台灣(1994-2003)	0	0
希臘(1990-1995)	114	2.2			

備註：
 1.本表係彙整部分 OECD 國家之家庭平均水費（含公共給水及污水，其中德國及盧森堡僅為公共給水）改變情況，並將各分別國家之消費者物價指數納入轉化成實際之累積漲幅。
 2.表中，實際年累積漲幅較大之丹麥，其目的在反映需水量增加後，地下水質日益惡化情形，而實際年累積漲幅也較大之法國，則在反映歐體提高對於廢水處理排放水質所增加之成本，實際年增幅最大之匈牙利，則是反映 1992 年後減少各種補貼所增加之費用、增加固定資產投資後所增加之成本、整體用水量減少後，所需增加分攤之單位成本。

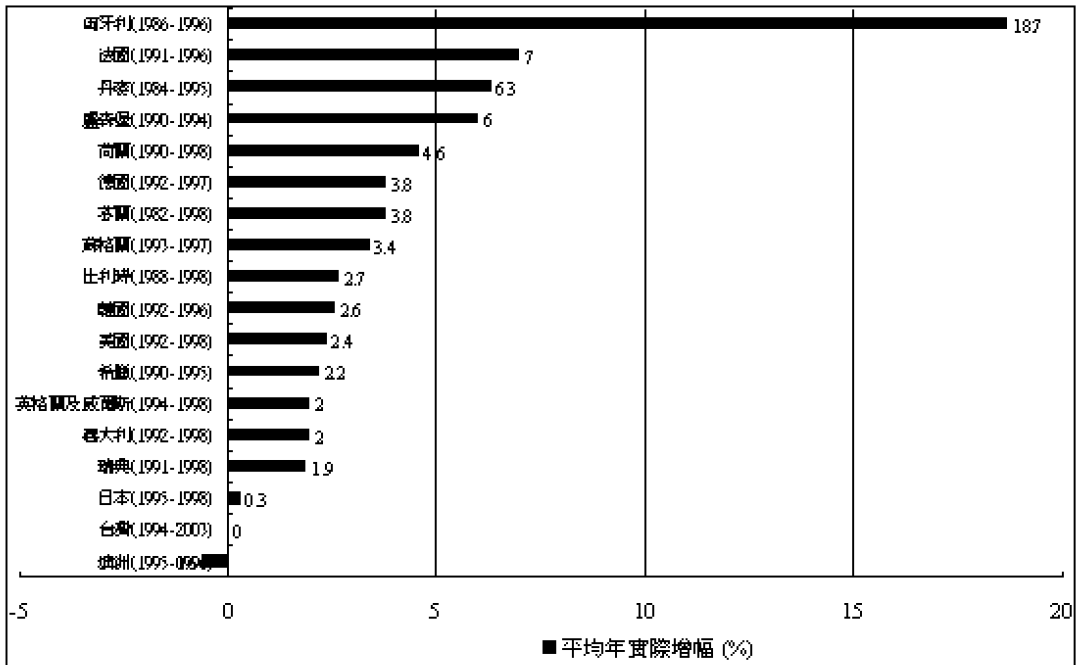
其中有五個國家之水價平均年實際增幅達 6%，其餘國家之水價亦呈逐年增幅趨勢，平均漲幅為 0.3%~4.6%；反觀我國水價近 10 年（1994~2003）來幾乎未調整，始終維持平均 9 元/度，相較 OECD 國家將消費物價指數納入轉化成之實際平均年增幅達 4.36%，顯現國內長期以來水價已背離國際發展現狀。

而水是國家有限之自然資源，為使各用水類別提高其水資源之運用效率，各國係以水價來達到其政策目的，OECD 各國已對農業用水漸有收費之趨

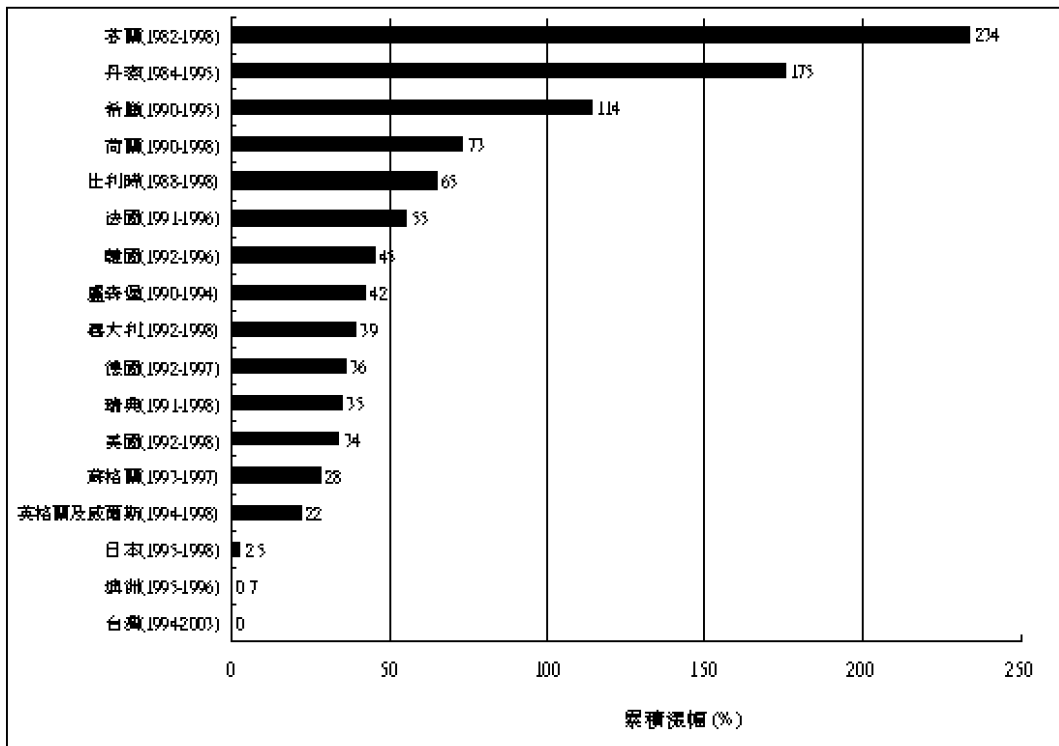
勢，部分國家（匈牙利、葡萄牙、土耳其、加拿大）之工業用水水價高於家庭用水，部分國家（荷蘭、奧地利、法國、希臘、美國、英國）之家庭用水水價高於工業用水，而長期以來佔有國內高達 70% 用水量之農業用水係屬免費，不僅容易造成浪費，且也有礙此項寶貴資源之有效利用。

四、水價對節約用水影響⁽⁶⁾

水價與水量需求之間互為影響，當自來水根據家戶水表計量後收費，其水



圖二、我國與 OECD 國家之水價調整年平均漲幅



圖三、我國與 OECD 國家之水價調整累積漲幅

價與水量需求呈 $Q=kPe$ 關係，其中 P 為單位水價， Q 係單位水價 P 時之需水量， k 為單位水價 P 時之常數， e 則是需水量之彈性係數。

依據上述公式可窺得，若令 Q 與 P 之倒數成正比關係時， e 必為負值。意即當水價調高時，用水量必降低。當 $e = -1$ 時， Q 與 $1/P$ 成正比關係，換言之 P 之改變將使 Q 成相對比例改變。低 e 值即表示高程度之“缺乏彈性”，例如， $e = -0.2$ ，而單位水價 P 之增幅為 29% 將減少 5% 需水量。

但彈性係數 e 值之量測甚為困難，主因在水價增加之前後，常因氣候及經濟情況之改變量並不相同，導致 e 值之量測不易準確，且 e 值也會受到水價增

幅之影響，一次性之大增幅比較小之年增幅有較大之影響。而水價調整後對於需水量之影響也有段時間落差。因此，在相似之條件下， e 值通常以區間範圍來表示，如表三所示，為美國在 1960 年代及 1970 年代所得之研究結果。

雖然不易獲得正確之 e 值，但需水量之彈性係數對於水資源之節約及自來水業者之經營甚為重要，工業及商業用戶及高收入家庭常常是自來水業者營收之主要來源，因此他們的需水量彈性係數乃為重要經營資訊，因為當水價調漲時，將導致彼等用戶減少用水量，而達到節約用水之目的，相對而言，自來水業者之營收將無法獲得同比例之增加。

表三、 e 值適用之供水型態⁽⁶⁾

e 值範圍	e 值適用之供水型態	e 值資料引用來源數
0 ~ -0.10	機關用水；某些 e 值低市政用水	6
-0.11 ~ -0.25	機關用水；家庭年用水；某些市政用水	11
-0.26 ~ -0.50	家庭夏季用水；某些市政用水；某些低 e 值工業用水	12
-0.51 ~ -1.00	某些市政用水；某些工業用水；某些家庭夏季用水*	19
-1.01 ~ -1.25	某些市政用水；英國某些低 e 值工業用水	6
-1.26 ~ -1.58	戶外夏季用水；英國某些高 e 值工業用水	3
備註：家庭用水之 e 值資料係引用自美國及澳洲伯斯市，市政用水之 e 值資料係引用自美國及加拿大，一般而言，較乾燥之城市有較高之 e 值。		

五、結論

- (一) 為使各用水標的提高其水資源之運用效率，各國係以水價來達到其政策目的，由 IWA 水服務費之國際統計資料顯示，我國每戶家庭平均自來水水費支出占 GDP 比值 0.21%，僅約為世界各國平均值 2.49% 之 1/10，也約為 GDP 相近國家平均值 0.77% 之 1/3，反映國內水價不合理情形。
- (二) 水是地球之寶貴資源，故合理的反映其成本，使水資源之有效運用，乃為全球關切之問題，根據 OECD 國家水價之趨勢，在將各別國家之消費者物價指數納入轉化成之實際平均年增幅為 4.36%，顯現國內 1994~2003 之水價趨勢已背離國際之發展，實應儘速訂定合理水價調漲機制。

六、參考文獻

- 1.吳榮義 (2003)，「由用水需求談水資源管理政策－兼論我國重要相關政策整合之必需性」。台北，九十二年全國水利會議－以水為本，疼惜臺灣－專題演講講稿，p10~15。
- 2.IWA 4th World Water Congress. Marrakech, Morocco (2004)，International Statistics for Water Services.
- 3.www.iwahq.org.uk，International Statistics for Water Services. (1999)
- 4.OECD (1999)，The Price of Water : Trends in OECD Countries
- 5.OECD (2003)，Social Issues in the Provision and Pricing of Water Services.
- 6.Alan C. Twort, Don D. Ratnayaka and Malcolm J. Brandt. Water Supply (5th ed)，IWA publishing, London, 2000, pp.26-27.

經濟部九十三年台法技術合作人員訓練計畫 自來水淨水處理技術出國報告

張嬉麗*

摘要

本次奉經濟部國際合作處之指示與協助，前往法國觀摩與學習法國的淨水處理技術，獲益不淺。

1.法規部分:國際友邦對水質的觀念提供我國對水質標準訂定的省思，尤其在本國因九十四年七月將實施之總硬度定為 150 毫克/升、總溶解固體量 250 毫克/升之問題一直無法明朗化之下，法國衛生署之正式公告認為原水硬度在 150 至 350 毫克/升間之淨水場水質是不用作任何處理，如進行處理的話就會發生顧此失彼的問題。實廠參觀 Meziere sur Covenon 淨水廠淨水處理添加氧化鈣除提高水的酸鹼度外，同時亦可增加硬度提供孕婦及小孩鈣質亦為主要目標等之訊息，經提供環保署參考獲得很大的迴響，加強標準修正之可行性，是為本次參訪最大的收穫。

2.經參觀了解，巴黎發展下水道的同時亦發展自來水系統，為減輕自來水的負荷而發展“非飲用水”水道系統的理念；里昂地方政府水的政策，每天 24

小時、每年 365 天不缺水的信念；而阿爾卑斯山雪水是源源不斷，但里昂政府在永續經營的前提下仍堅持任何開發皆需考量地下水的補助；開發計畫則不只是硬體專家參與建設，甚至有城鄉規劃專家及心理學專家參與；任何行為皆有替代方案；等等皆可提供國人及決策者參考，讓政策能更人性化，更為可行。

3.法國兩大水公司；Degremont 及 Veolia 自來水的處理技術皆可為本公司的參考，當台灣正處於土地鬆散，原水濁度每遇暴雨則超過數萬度之際，Degremont 專家提處該公司在智利及非洲之個案，認為高濁度時需兩段處理，將砂粒去除在處理污泥，效果良好，而 Veolia 公司則有移動式處理車作為緊急時使用，兩者皆可為國內參考。

4.法國境內各淨水設施，使用高分子助凝劑協助淨水膠凝是非常普遍的方式，尤其污水處理的污泥濃縮更是 100% 的使用高分子。污水廠污泥餅作為水泥廠的原料，而淨水廠污泥餅則作為農地土壤改良，這些方式在國內尚屬不可能，是為我國資源再利用應努力的地方。

*自來水公司水質處 副理

法國使用薄膜處理的淨水廠，大部分都使用水庫水或地面水經地下滲透後的水作為原水，而使用薄膜之淨水廠其前處理皆非常的慎重，務必作到薄膜的使用年限超過三年。其思考邏輯可作為自來水公司今後薄膜廠的參考。

5.針對有機物去除，在使用加強混凝作為淨水處理的方式時，其操作重點並不在濁度，須用酸鹼度去評估處理效率。而針對自來水公司所詢問有關泥毯式膠沉池操作，以 Degremont 所發展的 plusator 為例，其加藥量的評估同樣是用瓶杯試驗（Jar tester）決定最佳加藥量，再佐以黏度因子試驗進行微調。

一、目的

本訓練計畫主要目的是，瞭解法國自來水水源水質保護政策、水質標準訂定的原則，法國兩大水公司之水處理技術，高級淨水處理技術如超微細薄膜過濾、奈米薄膜過濾、臭氧處理等，傳統淨水處理技術之如快速膠凝沉澱池操作技術等之學習與尋求國內水處理技術之突破，淨水場廢水處理系統之操作改善，另國外淨水廢污泥之再利用概況與學習，以做為國內資源再利用之參考。

二、過程

(一)行程表

起迄日期	到達地點	詳細工作內容
9月1~2日	巴黎	搭機赴法（台北—巴黎）
9月3日	巴黎	拜訪 Degremont（法商迪格蒙特股份有限公司）總部，安排旅法期間電子傳訊事宜。 確認參訪兩週訪問討論重點。
9月4~5日	Grenoble	週末假日（於星期六先行交通至 Grenoble）
9月6日	Grenoble	拜訪 AWA 水質檢測儀器公司在 Grenoble 附近 Zirst 科技園區辦公室，了解（尤其針對硝酸鹽氮及氨氮）儀器的設計與應用。
9月7日	Aix	參訪 Aix en Proviencie 的 OTV Rousset sur Arc 廢水場，了解廢水處理場水質監測，廢水處理，污泥處理及處置再利用情形，以為國內污泥再利用參考。（交通 Aix en proviencie 至 Rennes）
9月8日	Rennes	參訪供應 Rennes 地方的 General des Eaux 水公司 Meziere sur Couenon 淨水場加鈣提高硬度處理設施。

9月9日	Rennes	參訪地方 General des Eaus 水公司 Plovanse 水質檢測及監測情形
9月10日	巴黎	拜訪 IOW 辦公室瞭解歐洲最新淨水處理之推行。
9月11~12日	巴黎	週末假日
9月13日	巴黎	至 Degremont 總公司 拜訪維護管理部門 Louis Zucal 拜訪業務經理 Jean-Marc Langard 拜訪自來水處理專家 Mr. Jacques Moles
9月14日	巴黎	拜訪 Degremont 研究中心，瞭解其淨水處理之研究手法 拜訪 ONDEO's 研究及資料中心，瞭解檢驗處理
9月15日	巴黎	資料整理
9月16日	巴黎	參觀 Louvecienne 微過濾膜淨水場
9月17日	巴黎	至 Degremont 總公司拜訪 Jean-Marc Langard
9月18~19日	巴黎	週末假日
9月20日	巴黎	拜訪 Le Mont Valérien 自來水處理場了解該場特點
9月21日	巴黎	至 Degremont 總公司拜訪薄膜處理專家 Jean Jacques Allard
9月22日	巴黎	參訪 Morsang & Vigneux-sur-Seine 淨水場，瞭解其處理過程
9月23日	巴黎	拜訪我國駐法國台北代表處科技組請協助翻譯事宜
9月24日	巴黎	淨水處理總檢討
9月25~26日	巴黎	週末假日
9月27日	巴黎	拜訪我國駐法國亞洲貿易促進會駐巴黎辦事處請協助訪里昂事宜
9月28日	巴黎	參觀巴黎下水道設施，了解巴黎上、下水進展過程 參訪 (UNSCO) 聯合國國際教科文組織，了解世界水資源利用情形
9月29日	巴黎	往返交通至巴黎郊區，參觀 Mery-sur-oise 薄膜淨水場
9月30日	里昂	交通 (巴黎至里昂) 參觀里昂 Veolia Water Croix Lauizet 淨水場 參觀 Cornouilles 百年加壓站 參觀廢水場並搭計程車交通至旅社
10月1日	里昂	與里昂市政府環保承辦人員會商參訪事宜

10月2~3日	里昂	週末假日（參訪大里昂治水計畫）
10月4日	里昂	拜訪里昂環保局 Mr. Henry Voron 討論法規事宜
10月5日	里昂	至里昂環保局拜訪自來水單位
10月6日	里昂	擴建中污水廠參觀
10月7日	里昂	至環保局拜訪永續利用主辦，交通（里昂至巴黎）
10月8日	巴黎	至經濟部駐外辦公室領取資料，並至 Degremont 總公司作行前資料確認及感謝協助
10月9~10日	巴黎	週末假日
10月11~12日	台北	搭機返回台灣（巴黎—台北）

（二）重點行程報告

九月三日：至 Degremont 總公司處理電傳及確定拜訪淨水場行程事宜拜訪淨水場維護管理部門主管 Dennis，由維護管理部經理 Louis Zucal 接待，並請其資訊部門協助電腦連線，結果因防火牆原因，無法上網連線。

心得：Degremont 總公司辦公大樓門禁嚴謹，辦公室（四層樓及地下停車場），全由一樓服務台接待，一樓門禁及電梯全需刷卡進入，來賓需換證後等待所拜訪的人來接才能上樓。水公司人員因澄清湖委託案被定位為同仁，惟雖不需換證，卻仍需要接受拜訪者到樓下接人始能上樓拜訪，資訊部門則是另有第二張卡片，即使是員工未經允許亦無法進入。

九月六日：拜訪 Zirst 科技中心的 AWA 儀器公司（Advanced Water Analyzer Instrument）該公司創立於 1986

年，主要生產光學檢驗儀器，參觀重點為新發明之氨氮氣體分析儀。其原理為為避免干擾，以氣提方式將氨氮濃縮抽取並以 Fast Fouier Transform（FFT，紫外光電比色）偵測氨氮。此方式為最新型的氨氮監測儀，其特點為穩定性及重複性高，易維護。惟經了解，該儀器偵測極限不夠低，在台灣之自來水水源之監測氨氮敏感度不夠。

該公司另一重點為硝酸鹽之監測儀。該監測儀以 210-220nm 的紫外光偵測，重複性及準確性高，可作為本公司硝酸鹽污染區水量調配時硝酸鹽 24 小時監測的參考。

九月七日：參訪 Aix en provience 的 OTV 公司 Rousset-Sur-Arc 污水廠 Rousset-Sur-Arc 污水廠設計處理水量為 4600CMD，主要處理半導體、紡織等工業廢水，亦收集臨近之生活廢水。本廠工作人員包括廠長計 19 人，兩班制操作，早上六點到下午一點一班，下午一

點到晚上九點一班，其餘時間為自動操作。本次參觀主要由操作負責人 Mr.Nevevx Guy 負責接待。本污水廠為全歐洲最特殊的污水廠，本廠將來自電子業的氟係廢水先行處理，再進入一般廢水系統後進入好氧及厭氧在同槽的脫氮處理槽，其操作重點在甲醇加入槽中的濃度及時間，如何使厭氧菌及好氧菌能同時存在同一處理槽中，並能各自依需要的時間運作。本廠因為全廠自動化，因此各化學因子的濃度相對的非常重要，然而其檢驗員卻只有一位，所依靠者為 24 小時的自動監測系統(每樣自動監測儀都備有兩台)及 24 小時自動採樣系統(每小時採樣乙次，再由檢驗人員選則性的用包裹式檢驗方式檢驗)。

本廠所有污泥收集進入污泥濃縮槽，加高分子凝聚劑後製成污泥餅，污泥餅再利用是以每噸約 75 歐元的價格委外作為水泥(必須監測重金屬含量)，該廠每年約產 5600 噸之污泥餅。值得提醒的是，本廠為含電子工業廢水的污水廠其污泥能作用為水泥再利用是值得我們參考借鏡的。

九月八日：Rennes 地方的 General des Eaux 水公司所屬 Meziere sur Covenon 淨水廠參觀(本場不准攝影)。

本廠處理水量為 7000~20000CMD 間，提供 40 公里下游的 Rennes 地區的

自來水。其水源來自地下水(7000CMD)及河水(5000~20000CMD)。水源水質有兩主要問題；地下水之硝酸鹽氮污染嚴重(偶而會超過 50mg/L NO₃-)，錳含量過高及水質硬度太低等問題，因此地下水先以二氧化氯管中加藥，再加氧化鈣提高硬度(硬度由 20-25 mg/LCaCO₃ 提高到 100 mg/LCaCO₃)。而河水則硝酸鹽氮較低，可與地下水調配硝酸鹽氮的含量，但河水的硬亦太低，硬度必須由 70-80mg/L(CaCO₃)加氧化鈣提高硬度到 120mg/L(CaCO₃)以上。此種情形正好與國內 94 年 7 月要執行的水質標準，硬度必須小於 150 mg/L(CaCO₃)相反。該廠對於硝酸鹽氮污染並不準備進行處理，不處理的原因是環保人士認為應該減少硝酸鹽氮的使用，而不是要消費者發錢去處理，因此當硝酸鹽氮超過 50mg/L NO₃-時即停止抽取地下水，而河川水偶會有農藥污染，此時亦停止出水，改由其他淨水廠供水。本廠由於濾床老舊已有改進處理設施的計畫。

本廠水質監測儀器有硝酸鹽氮，氨氮，有機物監測(UV254)等儀器。本廠屬 general des eaux 水公司管理，淨水廠本身所檢驗之項目較為簡單，計有每禮拜檢驗細菌、濁度、錳、鋁、農藥等，每天檢驗濁度、錳、氨氮、硝酸鹽氮、化學需氧量(COD)、酸鹼度、鹼度。季

檢驗則由總公司檢驗農藥、重金屬、碳氫化物及其它特殊檢項。

九月九日：參訪地方 General des Eaus 水公司 Plovasne 淨水廠(本場不准攝影)

本廠出水量為 50000CMD，在 2004 年底將增加到 100000CMD，屆時出水量將為 Rennes 需水量的一半。本廠主要利用發電後尾水做為原水。本廠污染問題為臭味、農藥污染及硝酸鹽氮，因此主要處理程序為在原水抽取後即加粉狀活性碳去臭味，然後在混合槽加二氧化碳，氫氧化鈣以提高鹼度及加膠凝劑氯化鐵，沉澱經 aquazur filter 過濾後，以臭氧氧化微生物及農藥，再用顆粒活性碳濾床去除氧化後之物質，再補以次氯酸鈉維持餘氯量 (0.5mg/L)。本廠污泥量每年約 3000 噸的乾污泥餅，主要再加石灰後免費由農民取用到農地進行再利用，此可為本國資源再利用參考。參觀時因正在擴建實驗室及監測儀，較重要的水質監測有硝酸鹽氮及總有機碳的監測。

九月十日：拜訪法國「國際水的辦公室 (IOW)」業務經理 Mr. Dennis Froumau。Mr. Denis Foumeau 先澄清法國的自來水的制度是國家委託經營 (delegate)，非一般人所了解的民營，因為重點在水資源是國家的資產，雖然委

外經營，地方政府單位在委外 (有部分的水廠是地方自行經營) 時可要求受託單位進行改善或罰款，但一旦自來水出了問題，政府單位仍是要負起責任。

針對 IOW (International office of Water) 的功能，主要為水專業的國際訓練中心，IOW 有 149 會員，成員有政府機關，協會或私人。IOW 提供凡與『水』有關的事務的訓練包括：

1. 研究性組織的訓練: 凡有關集水區制理與發展，自來水、廢棄物及暴雨收集及處理，工業毒性物質及污染的防止與控制，灌溉、排水、鄉村自來水等非點源之農業污染等各州、公共協會、合作社等組織的訓練。

2. 決策者的協助: 凡有關各州、地方團體、娛樂、發展協會、顧問公司、財務建立等決策的協助。

3. 在職訓練: 凡自來水服務、企業管理、顧問公司、儀器供應商、州政府、地方團體、工業及娛樂界使用水者之員工皆可接受在職訓練，課程有自來水供應與工業、商業界的顧客關係。操作維護則有自來水、家庭廢水、污泥處理、工業源水、有害物質排放等課程。

4. 實地訓練: 對於工程人員、高級技術員、操作員皆有實際演練的課程。

5. 地方公務員訓練: IOW 安排有提昇地方公務員對水的事物認識濃縮而緊

密的課程。

6.必要時亦可依客戶的需求而訂定課程。

Mr. Denis Foumeau 因曾訪問台灣，因此提出對水價的看法：

認為水價的訂定必須要依使用者付費及污泥者付費的原則來訂，且因水為公共資源，水是無價的，而水價主要是服務費；諸如水的運送、操作處理(含廢水)、投資(也因此法國各州的水價皆不相同)。

九月十三日：參訪 Degremont 總公司

1.由 Degremont 淨水廠維護管理部門 Louis Zucal 接待介紹，Degremont 是為 SUEZ 環境部門中的一子公司。在全世界已建立 10000 個廠，其中包含 3000 個淨水廠及 2500 個污水廠。針對海淡廠則有設立 250 座的經驗，因此海水淡化的經驗豐富。Degremont 研究部門以 2002 年為例，其研究經費為一千兩百萬歐元，在員工數為 3000 人中，研究人員有 100 名（包含化學、微生物、工程），除有自己的研究中心（CERDEGD Degremont Research Center）外，尚有 SUEZ 研究中心的支援。

2.與亞洲業務經理 Jean-Marc Langard 洽談他認為台灣的問題在規劃、設計、建造、操作各作各的，沒有

主辦單位，所以大家都可以逃避責任。

3.針對台灣近來水處理的問題，拜訪技術經理 Jacques Moles，有下列心得

a. Mr. Mole 認為泥毯膠沉池的操作很重要，排泥量依泥毯的厚度及懸浮固體量的濃度而異，排泥量從每 4-6 小時乙次到最快每 15 分鐘排泥 1 分鐘。

b.污泥毯的懸浮固體量控制，完全依當時水質狀況而異，一般在 500~2000 毫克/升 之間，當然越高越好。

c.原水懸浮固體量與廢水量的關係為；懸浮固體量在 0-10mg/L 間，廢水量約佔 6%；懸浮固體量在 10-20mg/L 間，廢水量約佔 4%；懸浮固體量 20-50mg/L 間，廢水量約佔 2%；但懸浮固體量再升高則廢水量又開始升高，至 1000NTU 時約佔 8%以上。

d.原水濁度大於 40,000NTU 最好兩段式處理（以法國發明的脈動式膠凝池亦僅能處理 2000NTU 原水且數小時而已），宜先行沉澱去砂後再膠凝。因此高濁度時應先行了解高濁度原水中含多少的泥沙，水中的含砂量可用 particle counter 來量測，直徑大於 6 μ 者即為砂。Degremont 曾經在 Chile 和 Africa 有處理高濁度的經驗，使用 turbocirculator 將泥量濃縮到 2%；另一種方式則是 Degremont 可為不同的高濁度設計特殊的需求，例如在膠沉池上設計一小型的

渦輪機，當濁度夠時，可不回流污泥而快速的旋轉，在非暴雨季節則以傳統式沉澱池使用。

e. 針對軟化問題，認為應該應用化學平衡原理來決定使用的方法及藥劑，例如對澄清湖的處理，即經他們的計算才使用氫氧化鈉。

f. 針對有機物去除，在使用加強混凝時並不管濁度問題，重點在以酸鹼度去評估效率。而針對自來水公司所詢問有關泥毯式膠沉池操作問題，以 Degremont 所發展的 plusator 其加藥量的評估同樣是用瓶杯試驗 (Jar tester) 決定最佳的加藥量，再佐黏度因子試驗進行微調。

九月十五日：參觀 Degremont 及 suiez 試驗中心

Degremont 研究中心 (不准攝影)：本中心主要以模廠為主，實驗室為輔，必要時本中心無法作的檢項送至 suiez 試驗室檢驗。該研究中心有不同程序(膠凝、過濾、活性炭吸附、薄膜等等)之水處理模廠數十座的研究，例如該公司研發之 aquazur 濾床的反洗最佳方式：先氣洗，再氣洗與水洗一起，再關掉氣洗全部水洗，即是在此經模廠試驗成功。目前研究重點在薄膜處理及快速膠凝，另外一研究重點為污泥減積。研究中心的研究主題皆由總公司視需要而

定，研究結果也都直接呈報總公司，並不對外發表文章。模廠主要用來解決現場的一些問題或對將要進行之個案的水處理程序作模擬試驗，當然另外有一相當大的部份是研究發展。本實驗室對外接收法國大學生實習。

拜訪 suiez environment 部門主管：由環境部門的應用研究部門主管 Zdravka do-Quang 介紹 suiez 概略組織狀況。Suez 公司主要分為三部門，能源、電力及環境，環境部門下再分水及廢水。本次參觀機構為 suiez 的研究中心 CIRSEE (suez environment water and waste services-research and innovation)，該中心下有八個機構，各單位皆是服務下屬單位，所參訪者僅水質水源及實驗室兩單位。舉例說明：例一、Morsang -sur-seine 淨水廠因該廠在擴建之時，因淨水廠有三期，操作時三種沉澱池效果不同，為求最佳操作之流量分配，乃請水質水源單位進行 3D 流量模擬。例二、水質水源單位可利用數學模式模擬淨水廠消毒效率 (CT 值)，各處理程序之 PH 質及溴酸鹽濃度，解決淨水廠溴酸鹽過高之問題；此種專業的手法是為我們所應學習。

Suez 實驗室觀摩：本中心分為兩大部份，即日常檢驗部份及研究發展部份，檢驗儀器分開，人員分開，並分屬

不同的主管管理。日常檢驗部份必須依品保品管（經法國政府認證）進行數據的確認，研究部門則不需要，此點是相當務實的做法。Suez 公司的日常較高水準的檢項，如屬 Degremont 淨水廠所無法進行的藻類檢驗、農藥、原生虫 Girida 及 Cryptosporidium 等等皆依排定時間送此檢驗。研究部門則進行一些特殊檢項或尚未成熟的檢項，或正在發展中的檢項如以 PCR（聚合酶連鎖反應）檢定水源污染的來源，是為非常前衛的實驗室。最為特別的一點為研究部門的主管為由檢驗員調到水處理部門，數年後再回到研究部門當主管。

九月十六日：參訪 APIE ULTRAFILTRATION PLANT(超微過濾廠)

本廠屬 SUEZ 公司下屬子公司 Lyonnaise des Eaux 水公司所管理。本廠可說是一個範本，集法國國家專利之大成；在經模廠後決定處理程序後，工程由 GTM 負責，水力、自動控制、機械等由 GTMH 負責、超微過濾膜則由 suiez 子公司 AQUASOURCE 負責生產、處理程序則由 Degremont 負責，本廠在不加任何化學藥劑之下用超微過濾膜進行處理，整廠全自動，維護管理不計之下，操作人員只有一名，其操作工作主要在查核及控制日常維護工作是否正常。本廠廠

長除管理（含操作及用戶服務）本廠外，另需管理其他 4 個淨水廠及 2 個污水廠。本廠建廠目地有四：1.夏天需水量加倍 2.每天的耗水量隨著地區發展漸增 3.備用水廠 4.水資源之充分利用。因此可了解，本廠出水壓力除夏天外，並不大。本廠設計出水量為 52,000CMD，實際出水量為 25,000CMD，2005 年將再增加一倍的薄膜，出水量將可達 50,000CMD。水源來自 Tanneron 水壩，原水自動監測器有濁度、溶氧、UV254、pH、溫度、電導度，原水取水口設有自動反沖洗裝置以維持進水正常。原水濁度在 1.0~1.5NTU 間，UV254 吸收 1 左右，pH 值在 8 左右，暴雨時濁度會升至 40-50NTU 間，此時會自動停止進水。

本超微過濾廠的主要程序在原水過濾前先加活性碳(顆粒大小為 45~180 μ 間)以去除有機物，並加二氧化碳避免結垢，再經微篩篩除分子大於 180 μ 者，再經孔徑為 0.01 μ 之薄膜過濾，濾膜每 90 分鐘以含 0.5ppm 餘氯之清水反洗乙次，本套超微過濾系統 SUEZ 特稱為 CRISTAL，是為 SUEZ 子公司 AQUASOURCE 的產品。

本場設有檢驗室，檢驗室設備及檢驗方法皆依品保品管進行，兩名檢驗人員除負責本場日常檢驗外，亦需負責其他淨水廠的水質檢驗及送水樣至 SUEZ

的檢驗室檢驗特殊檢項，如三個月乙次的藻類檢驗。本廠檢驗數據皆會主動呈送地方政府水管理人員（衛生單位），有狀況時更會說明並告知改善情形與復原時間，政府人員並不會立即開罰單，除非確定真正有問題，廠長每年兩次與市長見面，商討水資源及水質問題，尋求良好的合作關係。

九月二十日：參觀 Le Ment Valerien 淨水廠

Le Ment Valerien 淨水廠位於巴黎進郊，水原來自塞納河，本廠之操作管理為 Degremont 公司（BOT），本廠計有兩期，第一期出水量為 55000CMD，處理程序為預臭氧後加硫酸鋁經脈動式膠沉池進行膠凝，再進入亞卡諸快濾池（Aquazur “V” 快濾池）過濾，然後後臭氧，最後以次氯酸鈉消毒。第二期出水量為 60000CMD，處理程序為亦是預臭氧→硫酸鋁→高分子→Densadeg 膠凝沉澱池→生物濾床（biolite nitrofier）→後臭氣→活性碳床→次氯酸鈉消毒。廢水皆回收，污泥則不處理直接排入下水道。本廠在因取塞納河河水作為原水，因此備有 H₂O₂ 為緊急時使用，該廠所有藥劑集中管理，藥槽備有防漏措施，惟藥劑進場時並未進行抽樣化驗，完全依契約執行採購。

本廠的特點在使用 Degremont 的專

利迴流污泥、具傾斜板之膠沉池（Densadeg）及可進行脫氮之生物濾床（biolite nitrofier）。

九月二十一日：專訪 Degremont 薄膜業務與策略主管（兼任 SUEZ 子公司 AQUASOURCE 薄膜廠董事長）Jean-Jacques Allard 先生，討教有關薄膜設計、操作之原則與原理

1.AQUASOURCE 廠的主要為製造超微過濾膜，所生產之濾膜在濾除直徑大於 0.01 μ 之顆粒，因此任何微生物如細菌、病毒皆可濾除但卻可保留處理水的礦物質平衡，透過末端的自動控制及過濾模組，直接應用或與其他處程序結合，可處理任何狀況的原水水質（如以 CRISTAL 去除農藥）。

2.AQUASOURCE 的特點為集中、安裝容易、省空間、省能源、可完全自動化、可搖控、維護簡單、只要空間夠可隨時加裝增加處容量。

3.由於是物理處理因此廢棄物量少，且保證有穩定的出水水質、出水濁度小於 0.1NTU、高毒效率（5log）但低氯氣消毒。

4.Jean-Jacques Allard 建議超微過濾膜的操作消毒可用液氯或檸檬酸或 soda。影響濾膜效能的原水水質項目有 COD、UV 值、濁度、有機物及酸鹼度，尤其水溫，每度水溫可影響 2.0%的出水

量。薄膜操作最重要的是，結垢的防止重於治療，因只要一結垢即無法復原，因此操作時必須注意流量的減少和壓力的降低。

5.以 Jean-Jacques Allard 各人的經驗，要建海淡廠倒不如在海邊鑿井，以濃鹽井水作為原水，較沒有前處理的問題。非不得以一定要用海水時，則取水點最好在海面下 6~8m，並且進行前處理，確保 SDI 值小於 3 時才能進 RO。

九月二十二日：參訪 Morsang sur Seine 及 Vigneux sur Seine 淨水廠

法國南巴黎一百萬人口的自來水由在塞納河上游的 Morsang sur Seine 淨水廠（供應 225000CMD）、Vigneux sur Seine 淨水廠（供應 55000CMD）及 Viry Chatillon（120000CMD）淨水廠等三廠及分佈在 Yerres 峽谷的 55 個井（供應 60000CMD）所形成互相支援的供水管網，三淨水廠（皆由 Lyonnaise des Eaux 水公司所承包）的原水皆來自塞納河，為確保原水品質，在最前方的 Morsang sur Seine 淨水廠原水取水口 5 公里前 Montgeron 設有監控站，於 Nandy 觀測站設有 18 個原水水質檢項，當原水發生污染時，Montgeron 會發出警訊，並進行調配配水及原水的各種緊急措施，以確保南巴黎一年 365 天，一天 24 小時有優良的自來水供應。

緊急措施包括提昇處理流程（Morsang sur Seine 淨水廠所呈現的星型設施，即為不同時期所完成的不同處理流程，是為管理者引以為傲，為改進水質水量所作努力的表現）以降低風險性、足夠的蓄水能力（目前為 30 小時的需水量，在未來將會再增加）、起動備用強氧化劑（ H_2O_2 ）、真正不得已時，可利用在 Essone 右岸的 1200mm 的防洪水管，將原水抽送至 Morsang sur Seine 淨水廠處理以提供 150000CMD 之出水量。

Morsang sur Seine 淨水廠出水量為 225000CMD，原水來自塞納河，雖是塞納河上游，但其原水水質在春天有藻類的問題，秋天及冬天則有濁度問題。為獲得穩定可靠的出水水質與水量，自 1970 建廠後在 1975 年即擴建為兩倍的出水量，處理程序除原來的脈動式沉澱池、顆粒活性炭濾床、臭氧處理外，另增設一新處理程序；超級脈動式沉澱池、砂濾、臭氧處理、顆粒活性炭濾床。在 1988 年，擴建第三期，處理程序為快混、反應槽、densdag 沉澱池（是一種在泥毯上方加設傾斜管但可迴流沉澱污泥之沉澱池）、砂濾、臭氧處理、顆粒活性炭處理。來自三種不同處理程序的清水進入一 20000CMD 的清水池中，再加壓送出。

本廠的操作，在 1970 年設計當時即設定為巡迴操作，所有的操作皆靠監控儀器，故人員的設置是設定在維護儀控上，主控室與 Montegeron 監控室連通並且在晚上可與維護人員家中電話連絡，雖有監控設備，但在廠內仍設有檢驗室，每禮拜完成 80 個項次的檢驗（法規所規定的檢項由 SUEZ 的檢驗中心檢驗），作為查核及調整處理程序之用。本廠之污泥經加 lime 後，製成泥餅再利用，免費做為農地的土壤改良，本廠每年生產 5000 噸之污泥。

Morsang sur Seine 淨水廠的下游即是 Vigneux sur seine 淨水廠。Vigneux sur seine 淨水廠已獲得 ISO9002 及 ISO14000 的認證。本廠的廠長和 Morsang sur Seine 淨水廠是同一個廠長和副廠長（廠長和副廠長互為代理）。本廠在 1890 建設之時為是直接抽取塞納河旁的地下水做為水源，1931 年改為抽取塞納河河水，並進行處理。1958 年加了沉澱池並將砂濾改為快濾。1970 將設備自動化搖控，故本廠除廠長副廠長外，僅有檢驗員一人、操作一人（檢驗和操作互為代理）、自動化一人、電力一人、警衛一人。1974 為增加出水量，增加脈動式污泥毯膠沉池。1976 將濾床改為活性碳濾床以去除臭味。1994 年加裝臭氣處理。1997 年裝設超微過濾

（Cristal），本超微過濾為 CIRSEE 研發中心經 25 年的研究成果，並曾在本廠進行模廠試驗五年後才進行實廠的建造。本廠在加上上述之處理程序後，為避免腐蝕，最後並加氫氧化鈉調整酸鹼度，並加微量之餘氯以保持消毒效果。

Vigneux sur seine 淨水廠取塞納河上游的原水作水源，藻類及濁度是最大的困擾，惟濁度監測器監測範圍為 0~30NTU 及 30~300NTU，說明塞納河的高濁度並非如台灣之高濁度。為控制原水中的藻類，在原水抽水馬達之前先設有 5 公分閘門，再進入 1 釐米的篩網，緊急時（藻類生長過盛時）可在抽水站之前直接注入氣態氯氧化藻類，抑制藻類的生長。本廠的淨水藥劑為硫酸鋁與高分子。淨水用藥的管機關為衛生單位，淨水廠在購置藥品時只根據藥品編號採購，自行訂定採購契約，並無任何機構對淨水廠之藥品進行管理。例如本廠訂定每次進貨每次採樣，但每年抽樣檢驗兩次，有不合格者再依契約執行處罰，甚至換廠商供貨（故採購時皆會有第二家廠商得標備用）。

九月二十八日：巴黎下水道博物館參觀

要了解巴黎自來水系統的發展對巴黎之下水道亦必須有充分的了解。巴黎目前是雨水與下水道合流。早期的巴黎

由於人口聚集，暴發疾病的大流行，有增加下水道的必要性，下水道管線除瓦斯及電線因安全問題排除外，其餘如光纖等皆可藉用下水道管線。將下水道放流水排放在塞納河下游，此時公共給水亦同時發展，在塞納河上游取水，因此供水系統有『飲用與非飲用水』之雙供水系統，非飲用水供公共事務如沖洗街道之用，也因此減少自來水的需求量。在巴黎市外的 Acheres 污水廠，其設計能力為 2500000CMD，目前每天處理 1200000CMD 之廢水。

九月二十九日：Mery-sur-oise Plant 淨水廠參觀（不准攝影）

Mery-sur-oise Plant 淨水廠位於巴黎市郊的北方，為 SEDIF 公司與 Generale des Eaux 水公司合作，由 General des Eaux 負責操作，為一全自動之淨水廠。本廠出水量為 340000CMD，供水人口 80 萬人，本廠主要的變革為在 1980 年時，在 Oise 河旁利用一公園保留地增加一座初沉池（佔地 5 公頃，停留時間 2~3 天）；在 1993 年開始極微（奈米）過濾薄膜模廠試驗，在 1999 年開始奈米過濾薄膜模廠的服務。

本廠處理程序分為生物處理及薄膜處理兩套獨立系統，原水由原水初沉池抽取後，先經 5 公分平方之過濾後，再

經 5mesh 的篩網，再分流處理：生物處理系統經沉澱、砂濾（生物濾床去除氨氮）、臭氧、活性炭濾床、氯消毒；薄膜系統為傾斜板沉澱池、雙層濾床、超微過濾、極微過濾、紫外光消毒。兩套系統之清水以 20（生物）比 80（薄膜）的比例混合後出廠。

本廠的緊急處理方案為與 Choisy-ke-Roi 淨水廠（水源來自 La Seine）及 Neuilly-sur-Marne 淨水廠（水源來自 La Marne）三淨水廠形成互相支援的關係，也因三淨水廠之原水來自不同之水系，更可降低風險。本廠原水監測之預警反應時間為 5~6 小時，污染的原水是否加以處理決定權在水質負責人（廠長以下分水質、水量、維護三負責人）。

本廠為目前所知世上最大之奈米薄膜廠，因此其如何維持薄膜的使用年限為最需要學習的地方。本廠的前處理，以硫酸鋁與細砂同時加入進行膠凝（此膠沉池雖有刮泥設備，但為維持良好沉澱水水質，每月固定洗池乙次），沉澱水進行臭氧處理後，再加硫酸鋁凝聚小分子，再進入各 1.5 公尺的無煙煤及砂之雙層濾料濾床過濾，過濾水再進入以超微過濾，最後再進入極微過濾。超微過濾的反洗是每 30 小時氣洗乙次，每兩個禮拜所有薄膜皆需藥洗乙次，洗法為：

將清潔劑以熱水（35°C）泡製，導入薄膜中洗 1 小時，再浸泡 1 小時，重復一次熱清潔劑洗 1 小時，浸泡熱水 1 小時，接著以熱檸檬酸迴流 1 小時，以此種方式該廠薄膜以維持使用第 5 年的記錄。

九月三十日：參訪里昂的 Criox Luizet drinking water plant 淨水廠（大里昂供水計劃中之一廠）、St Clair(Cornouilles Pump)里昂百年加壓站及 Saint-Fons sewage treatment plant of Greater Lyon（污水廠）參觀

里昂的自來水自 1953 年起即由 Veolia（威力雅）公司與里昂地方政府的合作，雖然曾中段一段時間，但 veolia 與里昂政府合作確也有 100 年的歷史。

Veolia（威力雅）公司與 Degremont 公司皆屬法國有名的水處理專家。Veolia 集團下分四個子公司，而 Veolia 水務部門即 Generale des Eaux（通用水公司）佔集團的 40%營業額。通用水公司除技術部分外，較為特別的是有十部移動式處理裝置（mobile treatment unit），進行危機處理。

大里昂地區的自來水契約主要供應里昂地區，里昂城市社區及中部-東部地區，計包含 33 個地方政府，約 100 萬供水人口。水源主要為保護區（375 公頃）內之 114 口地下水井，保護區主要為抽取 le Rhone 河水至區內之人造補給池，

原水經滲透處理後，直接抽取消毒加壓送至用戶，供水系統計分為低壓（4bar）、中壓（6bar）供水系統，及高壓（12bar）供水系統。低壓（4bar）及中壓（6bar）供水系統，由 Criox Luizet drinking water plant 淨化廠供應，而高壓（12bar）供水系統則由另一淨水廠（Crepieux drinking water plant）所管理，兩廠合計有 36 個加壓站，兩廠之出水能力為 450000CMD，實際最大出水量曾至 350000CMD。保護區內之人造補給池則固定每年換濾砂乙次。淨水廠雖除液氯消毒外不作任何處理，但對原水水質卻相當的重視，原水除監測有機物外、重金屬、更監測 PCB（因為核電廠距監測站僅有 5 公里）。而清水水質更要求硬度需大於 150 毫克/升（歐盟不定硬度標準），包含清水檢驗在內，每年檢驗超過 60000 個項目。

整體供水計劃之危機管理除原水監測可預計河水污染散佈時間、模擬地下水流量，對污染作管控外，另有 Miribel-Jonage Lake 的湖水作為備用水原，而備用淨水廠則為 La Pape 淨水廠（本廠以氯化鐵為膠凝劑，臭氧處理，緊急時才啟動）。

St Clair(Cornouilles Pump)里昂百年加壓站參觀；由於里昂地下湧泉相當豐富，因此直接將湧泉以蒸汽 pump 加壓

供水(已不使用)。本加壓站已有一百年的歷史，計有三座，兩座固定供水區，而第三座則視需要使用。

Saint-Fons sewage treatment plant of Greater Lyon (污水廠)是大里昂地區九個污水廠中最大的一個，亦是 General-des-eaux 水公司所管理，主要收集 le Rhone 左岸的工業廢水及生活廢水(大里昂地區雨水與下水道合流)。污水廠處理能力為 335000CMD，處理程序為沉砂池、初沉池、曝氣池、二沉池、生物消化池(僅處理四分之一的進水量)、三級處理，污泥則加生物分解性高分子濃縮，離心脫水後進入焚化爐(流體化床)焚化，目前正收集準備收集灰燼成份資料，以作為水泥原料再利用的準備。程序品質負責人 Mr.Francois Manseau 提供一污泥濃縮加高分子的經驗，因污泥不能停留太久，因此當濃縮處理發生問題時，不是提高高分子的量(即使提高高分子濃度亦無效)，而是加快濃縮的速度即使效果不良。最好的辦法是趕快重新開始，以新的污泥重頭來過。再者高分子使用的效果與污泥中有機物含量有關，因此要記錄有機物含量，作為參考。第三，平常可使用粉狀高分子，自行配置較合成本，緊急時則採用液體高分子。

十月三日：參觀大里昂治水計劃

本計劃主要在 2006 年完成從 Parc de la 到 Parc de Gerland 間五公里長的河岸整治計劃，總投資額為 4 千萬歐元。本參觀可供參考地方有兩點：整個規劃案除了城鄉規劃的教授參加外，亦有心理學教授參加，希望規劃案更能符合人性。再者規劃案的得標者除設立經常性的說明場所外，並需進行 20 場次的說明會，讓民眾能接受該計劃。

十月四日：大里昂地區政策推行主管 Mr.Henry Voron

大里昂地區所執行的各種事務皆依循歐盟的法規，對於水的策略是地方政府建設再委外執行，以大里昂而言，認為水原主要來自阿爾卑斯山的冰雪融化而來，因此水質不成問題，政府單位完全信任契約執行者，政府對水的政策在“一年 365 天，一天 24 小時無時不克的提供穩定的自來水”，也因此非常注意配水管網的互相支援，以確保任一用戶皆有兩個供水點，每年也固定編列經費更換管線。對於瓶裝水的盛行，認為自來水與瓶裝水兩者並不相抵觸，瓶裝水有其方便性，而自來水則有其對社會的責任存在，由用戶自行決定使用何者。

十月五日：拜訪大里昂水管理機構 (CLIP)

CLIP 主要管理淨水廠(含配水)、污水廠，各地約 100000CMD 的井水，

大里昂地區有部分管線有鉛的問題，此部分即為政府部門編預算汰換管線。對於自來水的抽驗樣品則委外檢驗。

十月六日：Pierre Benite 污水廠參觀

本污水廠建於 1972 年，參觀時正好在擴建，擴建完成後可收集 1300000 人之污水，將成為法國境內最大的污水廠。本廠除設備先進外，其建設期間定期招待地方政府之其他部門參觀，進行橫向溝通是為值得學習的地方。

三、心得

- (一)本次獲選出國訓練，終能將歷年於工作中之困惑在國外獲得解決，也因此對所執行之業務有更強之自信心。而本次與法國民間與政府機關人員間之合作參訪，建立良好的友誼與印象，亦為日後合作留下良好之基礎。
- (二)本次參訪因國際合作處之協助，始獲得與法國環境保護與衛生單位溝通與觀摩學習，而此部份使整個參訪更趨完整與更有義意。
- (三)法國任何事務皆有替代方案之考量是為我國最需要學習的地方。以淨水廠而言，所參觀之淨水廠出水量都未達設計出水量即開始準備擴建，而各廠之緊急措施亦都相當完備。

- (四)法國國內之淨水廠幾乎全是自動操作，門禁管理嚴格，而淨水廠所需要的人力僅維護管理人員、檢驗人員與查核人員。

四、建議

- (一)前往法國之際正好是國內颱風高濁度之際，法國水處理專家皆認為建設初沉池是處理高濁度最好的方法。觀察法國之淨水處理，其原水最高濁度僅 300NTU，可見我國要有穩定優良的自來水，先決條件是做好水土保持與水源管理才是上策。
- (二)我國文化不注重維護管理是為技術部門最大的問題，此問題或可由預算編列方式給予導正。
- (三)國際合作處的甄選人員訓練計畫，對基層人員相當的有用，希望可增加每年出國人數，以提高技術層次。

中華民國自來水協會第十五屆理、監事會 第十一次聯席會議紀錄

時間：中華民國九十四年五月十九日（星期四）下午二時卅分

地點：本會會議室

主席：李理事長錦地

謝常務理事啓男代

出席理事：謝啓男 陳榮藏 黃慶四

洪武雄 葉宣顯 楊水源

王桑貴 賴文正 王國堅

陳錦祥 齊景新 楊華堃

王文賢 林芳松 宋金順

駱尙廉 林文暉 林 岳

出席監事：沈明鋒 王炳鑫 鄭國華

吳陽龍 趙文雄

請假理事：李錦地 蔡輝昇 盧清雄

黃金山 張 豐 廖宗盛

陳福田 郭悅富 吳振欽

楊清和 施澍育 黃進財

蕭江碧

請假監事：李公哲 郭瑞華 胡南澤

劉鏡春

列席人員：許培中 劉家堯 王魯人

李美娥 蔡麗嫻 劉玉李

管惠嬋

記 錄：王魯人

一、主席致詞：（略）

二、報告事項：

（一）秘書長綜合報告：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

（二）各種委員會報告

1. 國際事務委員會：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

2. 技術研究委員會報告：詳如議程書面資料（略）。

結論：洽悉。

3. 會務報告：詳如議程書面資料（略）

結論：優惠資遣案經提本會第十五屆理、監事會第十次聯席會議決議於 94 年 3 月 25 日前辦理，逾期末予實施，餘洽悉。

三、討論事項：

編號：第一號

類別：會務

提案人：第 38 屆自來水節慶祝大會暨第 15 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會

主任委員：郭瑞華

案由：擬聘第 38 屆自來水節慶祝大會暨第 15 屆第 4 次會員代表

大會籌備委員會委員，請討論
通過函聘。

決議：通過。

編號：第二號

類別：會務

提案人：第 38 屆自來水節慶祝大會
暨第 15 屆第 4 次會員代表
大會籌備委員會

主任委員：郭瑞華

案由：為順利推動本屆自來水節及
會員代表大會各項活動，擬
聘大會籌備會幹部（詳如名
冊），敬請核備。

決議：照案通過。

編號：第三號

類別：大會場地

提案人：第 38 屆自來水節慶祝大會
暨第 15 屆第 4 次會員代表
大會籌備委員會

主任委員：郭瑞華

案由：第 38 屆自來水節慶祝大會暨
中華民國自來水協會第 15 屆
第 4 次會員代表大會之會場
擬假「中國石油公司國光會議
廳」舉行，提請討論。

決議：照案通過。

編號：第四號

類別：會務

提案人：秘書長 許培中

案由：鑑於本會檢驗收入遽減，如

何有效運用本現有之各項資
產，以減少短絀，平衡收支，
提請討論

決議：成立專案小組，理事長任召
集人，謝常務理事啓男、陳常
務理事榮藏、沈常務監事明
鋒、王理事桑貴、王理事文賢、
賴理事文正，共同研擬如何有
效運用本會現有資產。

編號：第五號

類別：國際事務

提案人：國際事務委員會主任委員
駱尙廉

案由：為爭取主辦 2009 年第三屆「國
際水協會亞太地區研討會」
（IWA-ASPIRE Conference）
事宜，提請討論。

決議：1.2009 年亞太研討會財務之
編列以收支平衡為原則。
2.請準備紀念品及交通部觀
光局編印之介紹台灣手
冊、CD 等五十份。
3.對駱主任委員申請由本會
主辦 2009 年亞太研討會
所作之各項規劃說明如有
其他寶貴意見，請於一星
期內提出供駱主任委員參
酌。

四、臨時動議：無

五、散會：下午四時。