

自來水會刊第二十四卷第一期目錄

專門論著：

生物可分解有機物含量之測定 賴文亮等六人 1

特載：

訂定硬度及總溶度解固體量水質標準之化學性限制因子 黃金寶 15

每期專題：

地理資訊系統在自來水管網改善工程之應用 廖介廷 20

小區檢測利用夜間最小流量判斷漏水量 朱撼湘 50

應用品管圈活動提昇售水率 朱聖心等五人 69

「小區計量」經驗談 郭建華等三人 75

效率檢漏與降低漏水率 林子立 80

一般論述：

自來水管線漏水檢測方法 林尚祺 94

高層建築用水之探討 吳天瑛 102

協會與您：

中華民國自來水協會第十五屆理、監事會第九次聯席會議記錄 107

中華民國自來水協會第十五屆第三次會員代表大會暨第三十七屆

自來水節慶祝大會會議記錄 110

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：葉宣顯

委員：李泰雄

蘇金龍

張皓

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

康世芳

廖述良

林岳

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

蔣本基 廖述良 康世芳 謝永旭 沈進宏 曾浩雄
吳陽龍 蔣本基 廖述良 康世芳 謝永旭 沈進宏 曾浩雄
史午康 吳陽龍 蔣本基 廖述良 康世芳 謝永旭 沈進宏 曾浩雄
胡南澤 蔣本基 廖述良 康世芳 謝永旭 沈進宏 曾浩雄
李丁來 胡南澤 蔣本基 廖述良 康世芳 謝永旭 沈進宏 曾浩雄
林財富 蔣本基 廖述良 康世芳 謝永旭 沈進宏 曾浩雄

生物可分解有機物含量之測定

賴文亮^{1*}、林建宏²、謝季吟³、張志文²、楊博名²、林保瑞⁴

摘要

本研究利用固定式填充式濾床，通入經 0.2 μm 濾膜過濾後之臭氧化原水，再與適量之原生菌液（原水經 2 μm 濾膜之濾液）混合，進行固定式填充式濾床之生物活性化，使其具有有機物之分解能力，故稱 BDOC 濾床。而不同 O_3/DOC （溶解性有機碳，DOC）與水力停留時間對 BDOC 濾床操作穩定性，則以出水之總菌數及溶解性有機碳兩參數之變化進行判斷。另兩種人工配製之有機物，包括醋酸鈉與草酸鈉，被導入 BDOC 濾床系統，藉以評估該系統對有機物分解能力之差異性及操作穩定性。研究結果顯示，適當之 O_3/DOC 比值會影響 BDOC 濾床 ($T_{90}=176 \text{ min}$) 穩定所需之時間，並以 $\text{O}_3/\text{DOC}=1.1$ 為最佳，而 $\text{O}_3/\text{DOC}=1.7$ 則會延遲 BDOC 濾床穩定之時間。若 BDOC 濾床之生物活性化，以不添加臭氧方式 ($\text{O}_3/\text{DOC}=0$) 及延長水力停留時間至 $T_{90}=729 \text{ min}$ ，可與 $\text{O}_3/\text{DOC}=1.1$ ， $T_{90}=176 \text{ min}$ 之 BDOC 濾床，細菌於對數期之生長速率與穩定期之菌數有相近之結果。以 $\text{O}_3/\text{DOC}=0.5$

與 $T_{90}=176 \text{ min}$ 穩定化之 BDOC 濾床，其對 10 mg oxalate-C/L 之分解能力明顯優於 10 mg acetate-C/L。在 2 與 5 mg-C/L，3 天內，兩種有機物被分解趨勢，即呈現穩定之現象，且其再現性甚佳，顯示該方法具有短時間測定水中生物可分解有機物含量之能力，提供水廠評估其出水水質之生物穩定性。

關鍵詞：固定式濾床；總細菌數；臭氧 / 溶解性有機碳；水力停留時間

一、背景說明

近年來許多微生物學家漸漸地重視配水管網系統中微生物滋生導致水質惡化之問題，包含：(1)水中濁度、臭味之增加。(2)肉眼可見微生物之滋生，如 *Asellus* or *Nais*。(3)大量異營性細菌之繁殖，而干擾以大腸菌屬監測水質之意義。(4)加速水中餘氯之消耗及管線之腐蝕。(5)致病性菌之滋生 (Servais *et al.*, 1995; Le Chevallier, 1990)。

研究顯示，自來水淨水廠清水中若含有過量之生物可利用有機碳，即可能在配水管網系統內引起異營性微生物之

- 1.大仁技術學院環境工程與科學系副教授；通訊作者
- 2.大仁技術學院環境管理研究所碩士生
- 3.大仁技術學院環境工程與科學系助理教授
- 4.大仁技術學院環境工程與科學系助理

繁殖，促使水質惡化，此即一般所稱之「再生長 (regrowth)」或「後生長 (aftergrowth)」(van der Kooij ,1990 ; LeChevallier 1990)。對於後生長之控制，許多研究者均認為水中保有餘氯是最佳之控制方式 (Trussel, 1999; LeChevallier, 1999)，並兼具降低配水管網系統被污染之風險、監控配水幹管之完整性及檢測餘氯較檢測微生物快速方便等優點 (Hass, 1999)。然而 Wierenga *et al.* (1985) 則證實即使保有餘氯亦無法控制大腸菌屬在配水管網系統之滋生，此因由於水中之餘氯可與水中有機物迅速反應及餘氯無法破壞固定生物膜之活性所致 (LeChevallier *et al.* ,1988; van der Kooij *et al.*, 1990)，而 van der Kooij (1989;1990) 之研究指出，只要控制生物可利用有機碳之濃度，即可控制總生菌落數(Heterotrophic plate count, HPC) 在配水管網系統之滋生，故荷蘭阿姆斯特丹水公司 (Amsterdam Water Supply, AWS) 自 1983 年全部停止加氯以後，僅藉自來水廠良好之工程操作規範產生生物穩定性(biostability)高之出水，除降低水中氯化有機物外，微生物性水質標準也均能符合法規之要求，消費者對水質之抱怨事件大幅減少 (Te Welscher, 1998)。

對於飲用水中微生物生長可利用基

質之評估，可以下列二方式進行(1)測定生物質量 (biomass-based methods)，由量測水中生物可分解有機碳被轉換成生物細胞質量之含量，通常藉量測培養後之菌落數，並先以一生物易分解之有機質 (如醋酸鈉) 進行有機質濃度與最大菌落數之率定，再將測定水樣之最大菌落數轉換成有機碳濃度，此類參數稱為生物可利用有機碳 (Assimilable organic carbon, AOC) (van der Kooij *et al.*, 1982)，其約需 1 至 2 週方能完成測定。(2) 水樣植入原生菌種 (indigenous microflora)，在 20℃ 暗室中培養 28 天，測定培養前及穩定後出水之溶解性有機碳 (Dissolved organic carbon, DOC) 含量差值，稱為生物可分解之有機碳 (Biodegradable organic carbon, BDOC) (Servais *et al.* , 1987; 1989)。AOC 僅代表水中 *P. fluorescens* strain P17 及 *Spirillum* sp. strain NOX 兩株純菌可利用之有機質，其無法涵蓋所有生物可分解之有機質 (BOM, Biodegradable organic matter)，而 BDOC 則代表原生菌可分解之有機碳，兩者均有研究文獻應用於配水管網系統生物再生長之評估，但兩種分析方法均有其優缺點 (Huck, 1990)，但共同缺點則為分析時間長。

國內學者 Yeh *et al.* (2000) 之研究

指出配水管網系統水中含高 AOC 值，即使水中自由餘氯量高之配水管網系統，總異營性菌仍可被發現。此表示生物可利用基質對飲水水質之生物穩定性有一定之影響，但上述生物穩定性水質之評估方式由於費時，故開發快速及穩定，適於評估國內自來水水質之生物穩定性之方式，應是值得引入之技術。

本研究利用填充式濾床，通入經 $0.2\ \mu\text{m}$ 濾膜過濾後之臭氧化原水，再植入適量之原生菌液(原水經 $2\ \mu\text{m}$ 濾膜之濾液)，進行固定式濾床之生物活性化，並比較不同 O_3/DOC (溶解性有機碳) 與水力停留時間對該濾床出水中總細菌數及溶解性有機碳之變化，瞭解該系統穩定所需時間之差異性，另兩種人工配製之有機物，包括醋酸鈉與草酸鈉，被導入 BDOC 濾床系統，藉以評估該系統對有機物分解能力之差異性及操作穩定性。

二、研究流程及實驗分析方法

2-1 BDOC 分析系統單元之架設

本裝置主要參考 Kaplan and Newbold (1995) 之研究，為比較水力停留時間 (Hydraulic residence time, HRT) 對 BDOC 測定之影響，本研究設計硼矽材質 (borosilicate) 之層析管 (ID = 60mm, h = 550mm, 內部體積為 1140

mL 及 ID = 50 mm, h = 360 mm, 內部體積為 580 mL), 其底部之支撐屬 PE (polyethylene) 材質。層析管內則以 2 mm 直徑之硼矽玻璃珠 (Beads clear 4508/01, 國祥貿易, Taiwan) 填充。水樣則需先行以 $2\ \mu\text{m}$ (Nuclepore polycarbonate, Whatman, USA) 及 $0.2\ \mu\text{m}$ 之濾膜 (Mixed cellulose ester, Advantec MFS Inc., USA) 過濾，再添加適量之原生菌液混合於 5 公升水樣之收集瓶，並以蠕動幫浦 (MASTERFLEX L/S, Cole-Parmer Ins. Co., USA) 定速將其打入層析管中，並採向下重力流方式迴流進入收集瓶中。而收集瓶與濾床則以黑色之塑膠袋包藏，使用於暗室下進行反應，並可避免藻類之滋生，至於系統裝置設計如圖 1 所示。

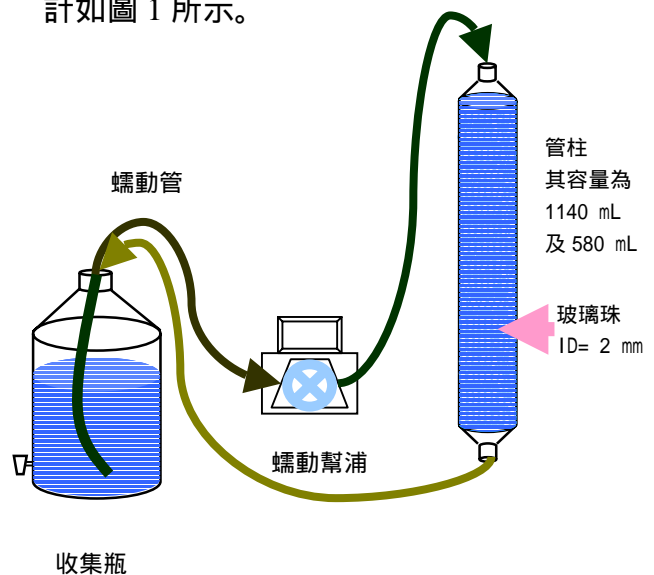


圖 1、BDOC 固定濾床之系統裝置圖(深色管線在液面下：淺色之管線需在液面上)

2-2 臭氧量之添加及定量

關於臭氧濃度之控制，本研究以臭氧產生機(C-Lasky, Air Tree Ozone Tech. Co., Taiwan) 藉由電壓(功率) 及純氧氣體流量加以控制，其裝置如圖 2 所示。臭氧產生量(mg)，在固定作用時間及氣體流量下，以 0.025N 硫代硫酸鈉滴定串聯 2 瓶之 KI 吸收液與臭氧作用產生之碘分子計算而得(第十九版美國水及廢水標準檢驗方法 -ozone Demand/Requirement : semi-batch)。同樣地，當圖 2 雙向閥門打開至臭氧反應瓶，在固定作用時間及氣體流量下，未反應之臭氧經反應器後段之 KI 吸收液吸收，其量亦可測定及計算，臭氧產生量扣除尾氣之排出量，即為通入水樣之臭氧量，將此值除與水樣體積，則代表水樣中作用之臭氧濃度(mg/L)。

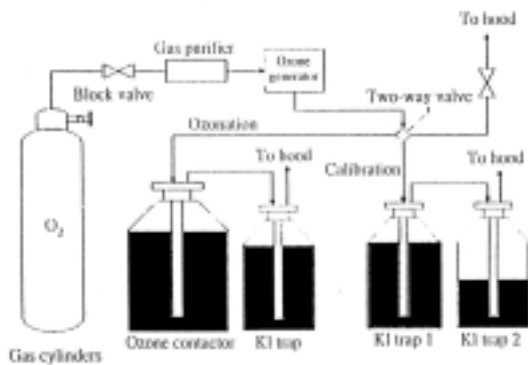


圖 2、臭氧產生器之裝置

2-3 總細菌數(Total bacteria count)之測定

本研究對菌數之測定主要依 Sibille *et al.* (1997) 之研究，採 DNA fluorochrome 將樣品染色後，再進行螢光之偵測。其作法為將 9 mL 水樣放入含 1mL DAPI (0.5 μ g/mL) [Sigma, ref. D9542] 及 1ml Triton X100 (0.1%) [Prolabo, ref. 28817295] 之無菌玻璃管中(所有的試劑皆以硝酸纖維膜過濾，孔徑 0.2 μ m)，在管中混合 30 秒及靜置 10 min，這 11mL 的水樣再以黑色的碳酸纖維膜過濾(DMF, ref. 111156, 孔徑 0.2 μ m)，濾膜以無菌水沖洗(50 \times 2 mL)，再加一滴緩衝甘油(Diagnostica Pasteur, ref. 74921)進行染色，並以蓋玻片覆蓋於螢光顯微鏡(E-400, Nikon, Japan)下，以濾光片(UV-2A, Nikon, Japan)，菌數於目鏡下選擇 10~30 視野進行觀察，並計算其平均值。螢光染色結果則如圖 3 所示。



圖 3、BDOC 系統出流水菌液經 DAPI 染色後之螢光反應(藍色亮點代表 1 個菌數；Nikon E-400,400X)

2-4 溶解性有機碳之測定

將水樣以 $0.45\mu\text{m}$ 之濾膜 (Mixed cellulose ester, Advantec MFS Inc., USA) 過濾, 濾液取 50mL 置於棕色褐色瓶中, 並經 TOC 測定儀 (Multi N/C 3000, Analytik Jena AG, Germany), 進行 DOC 分析。首先將原水先通過 $0.45\mu\text{m}$ 之濾膜 (Mixed cellulose ester, Advantec MFS Inc., USA), 水樣以人工方式放入吸取位置後, 並經高溫氧化成 CO_2 , 並藉載運氣體將除濕、降溫與乾燥後之 CO_2 送至非分散紅外線吸收偵檢器 (Non-dispersive Infrared Absorption Detector) 中並配合由一系列適當濃度之總碳 (Total Carbon, TC) 及無機碳 (Inorganic Carbon, IC) 標準溶液所得之率定曲線, 而測定出水樣之 TC 及 IC 量, 並藉由 TC 扣除 IC 可得水中之 DOC 值。

三、結果與討論

3-1 菌數對 DOC 測定之影響

傳統上對於溶解性有機碳之測定均以 $0.45\mu\text{m}$ 之濾膜過濾, 研究指出細菌可通過 $0.5-1\mu\text{m}$ 之濾膜 (Determann *et al.*, 1998), 為避免濾床出水中之細菌通過 $0.45\mu\text{m}$ 之濾膜, 造成原存水樣 DOC 分析上之干擾, 本研究針對 BDOC 濾床出水以 0.2 及 $0.45\mu\text{m}$ 之濾膜過濾, 並比

較兩者間 DOC 測定值之差異, 結果整理於圖 4。圖中顯示每次水樣經 $0.2\mu\text{m}$ 濾膜過濾後之 DOC 平均值均較水樣經 $0.45\mu\text{m}$ 之濾膜為低, 顯示細菌本身所含有機碳量, 以 $0.45\mu\text{m}$ 濾膜過濾之方式處理, 仍可被偵測出, 故為瞭解水樣中原存溶解性有機碳為 BDOC 濾床上微生物利用之情形, 對於濾床出水之 DOC 值測定, 應以 $0.2\mu\text{m}$ 之濾膜過濾為佳。

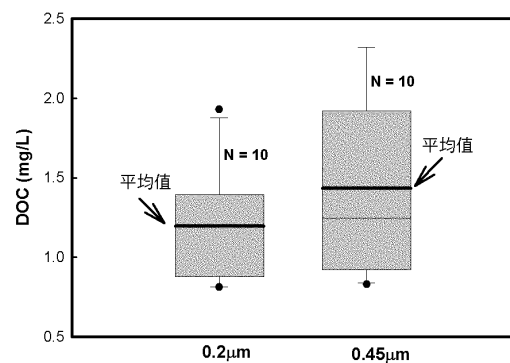


圖 4 水樣於不同濾膜孔徑處理後, DOC 值之差異性

3-2 操作方式對 BDOC 濾床穩定性之影響

3-2-1 O_3/DOC

為讓填充玻璃珠之 BDOC 濾床能附著微生物, 使其對有機物具有分解能力, 研究指出, 原水經臭氧化再植入菌液, 可提高濾床之生物活性 (Ribas, 1991;

Frias et al.,1992; Kaplan et al.,1995), 及縮短穩定時間, 故本研究取澄清湖原水, 先以 0.2 μm 之濾膜滅菌過濾, 並依不同濾後之 DOC, 控制 O_3/DOC 比值, 分別 0、0.5、1.1 及 1.7, 再與適量經 2.0 μm 過濾後含原生菌之原水濾液混合, 再利用蠕動幫浦, 將前述混合液以 2 mL/min 之流量送入 BDOC 濾床, 在不同時間間隔, 排出收集瓶下方之排放管水樣, 並如許多研究者進行 DOC 之測定, 以瞭解系統之穩定性, 另為瞭解濾床附著之微生物在生長過程中, 其剝落及水相菌數是否可提供 BDOC 濾床穩定之參考, 本研究則以螢光顯微技術測定出水之總細菌數, 可避免如 HPC 方式測定, 低估細菌數目 (胡及蔡氏, 2002) 及可能無法提供出水中實際之細菌數, 進而有效瞭解該參數實際在該系統之變化情形。

由於實驗之初受限於研究設備、工作負荷量大及經驗不足等因素, 故濾床活性化之工作分多次進行, 故起始之菌落數及水樣中之 DOC 值均有所差異, 為進行數據之解析, 便採正規化處理, 並以 $\log(N_t/N_0)$ 及 $\text{DOC}_t/\text{DOC}_0$ (N_0 : 植入之細菌數; N_t : 任意時間之細菌數; DOC_0 : 起始之溶解性有機碳量; DOC_t : 任意時間之溶解性有機碳量), 其結果繪製如圖 5(A)及(B)。

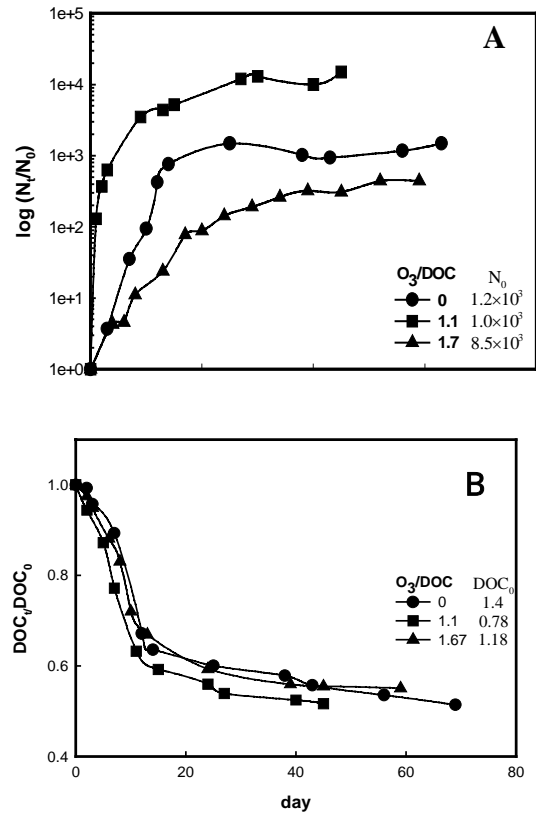


圖 5、三種 O_3/DOC 比值於不同馴養時間下, 對應之 BDOC 濾床出水之 $\log(N_t/N_0)$ (A)及 $\text{DOC}_t/\text{DOC}_0$ (B) (N_0 : 植入之細菌數; N_t : 任意時間之細菌數; DOC_0 : 起始之溶解性有機碳量; DOC_t : 任意時間之溶解性有機碳量) (T_{90} 為 176 min)

圖 5(A)中得知, 在 O_3/DOC 值為 0、1.1 及 1.7 下, 其對應之植入菌數分別為 1.2×10^3 、 1.0×10^3 、 8.5×10^3 (因 $\text{O}_3/\text{DOC} = 0.5$ 之數據並不完整, 故在此並未將其結果列出), 各系統穩定後之總細菌數與起始菌數比值取對數後, 其值分別約為

3.2、4.2 與 2.56，其中 O_3 / DOC 值為 0 與 1.1，兩者之起始菌數相近，DOC 值則是前者高於後者，但後者穩定後之對數值則高於前者，且在對數期時（約 15 天），後者之生長速率高於前者，至於 O_3 / DOC 值為 1.1 與 1.7 時，兩者之起始菌數及 DOC，前者均低於後者，但穩定後之對數值及對數生長期時之生長速率，前者反較後者為高。而菌數成長至穩定時間，在 O_3 / DOC 值為 0 與 1.1 時，約在 30 天即可完成，然而 O_3 / DOC 值為 1.7 時，其穩定之時間則延遲至 50 天左右。

圖 5(B)為原水經不同臭氧量添加後，BDOC 濾床於不同培養時間對應之有機物殘留百分比，此值以 DOC_t / DOC_0 表之。由圖中得知， O_3 / DOC 比值為 0 與 1.7 時，BDOC 濾床出水之有機物殘留百分比在整個生物活性馴養時間內，其趨勢與值均相當接近，但分解能力明顯區分兩個階段，第一階段屬快速分解期，約在 15 天內完成，有機物殘存率約 65%，分解率約達 35%；第二階段屬慢速分解期，在 15-60 天內，有機物殘存率約 55%，分解率為 45%，僅較第一階段增加 10%。至於 O_3 / DOC 比值為 1.7 時，雖然有機物殘留百分比之趨勢與 O_3 / DOC 比值為 0 及 1.1 時相近，亦明顯區分為二階段，然其結果仍有明顯之差

異，前者在兩階段之有機物殘存率均低於後者 5-8%，換言之，前者之分解率則高於後者約 5-8%。

綜合上述結果發現，過濾後原水經不同臭氧量添加後，BDOC 濾床於不同培養時間對應之 $\log(N_t / N_0)$ 與有機物殘留百分比，從菌數生長及有機物被利用情形，明顯發現可分成兩個階段進行，當 $O_3 / DOC = 1.7$ 時，其穩定期之 $\log(N_t / N_0)$ 與有機物被利用率均較 $O_3 / DOC = 1.1$ 為差，此表示原水在適量之臭氧劑量下對異營性細菌之生長數目有所幫助，但過量時反而不佳，陳氏等（1999）之研究指出，當臭氧濃度過高時，臭氧化所產生之副產物濃度能使菌之生長遲滯期變長，甚至產生抑制之現象。

3-2-2 水力停留時間

為比較水力停留時間對 BDOC 濾床穩定性之影響，本研究以 0.01 M 之氯化鈉溶液為追蹤劑進行測試，並以空床體積為 1140 ml（空心圓）及 580 ml（實心圓）之濾床體積，填滿 0.2 mm 之玻璃珠，分別將流量控制 2 及 1 mL/min，於一定時間測定出水之比導電度值，此值除以初始氯化鈉溶液之比導電值為縱軸，流過時間為橫軸，結果如圖 6 所示。由圖 6 觀知，兩種濾床之水力停留時間，以 90% 溶液流出所需時間表示時為

T_{90} ，前者之 T_{90} 為 176min，而後者則是 729 min。

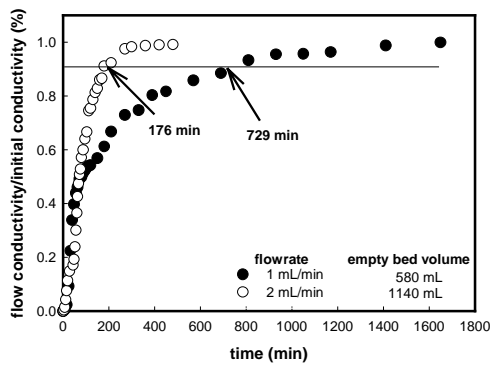


圖 6、兩種不同空床體積濾床，以不同流速通入 0.01M 氯化鈉溶液之追蹤劑試驗

圖 7 為兩種水力停留時間 (T_{90})，對 BDOC 濾床穩定性之影響。圖 7(A) 顯示，在 $O_3/DOC=0$ 時，水力停留時間愈高者，BDOC 濾床出水之 $\log(N_t/N_0)$ 值，在濾床生物活性化過程均大於低水力停留時間者，穩定階段期，高水力停留時間 ($T_{90}=729$ min) 之 $\log(N_t/N_0)$ 值約 4.4，些高於 $O_3/DOC=1.1$, $T_{90}=176$ min 之值 4.2，且兩者穩定所需之時間相當接近。而有機物殘留百分比之變化如圖 7(B) 所示，則顯示高水力停留時間者，有機物在相同採樣時間之殘留率均較低停留時間為低，亦即，前者之有機物被分解效果較後者為高，此現象與 $\log(N_t/N_0)$ 相近，其原因應是有機物在濾

床之停留時間愈長，濾床中微生物利用有機物之時間及機會亦增加所致，有機物被利用多，菌數生長亦愈多，而胡及蔡氏 (2002) 之結果亦發現水力停留時間的長短亦會影響微生物之生成量。綜合上述結果，在 BDOC 濾床之生物活性過程，若欲調整濾床出水之總菌數及有機物之被分解性，除可控制適當之 O_3/DOC 值外，另提高水力時間亦是可行之方式，且達穩定過程所需之時間亦相當接近。

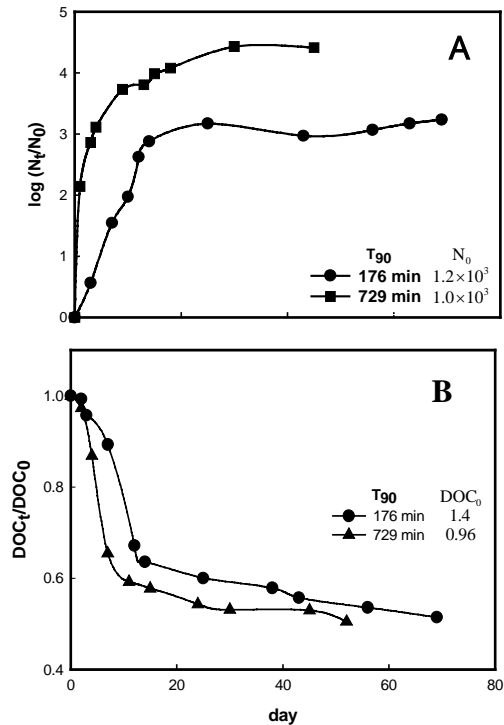


圖 7 水力停留時間對 BDOC 濾床穩定性之影響 (A) $\log(N_t/N_0)$ (B) DOC_t/DOC_0 (N_0 : 植入之細菌數; N_t : 任意時間之細菌數; DOC_0 : 起始之溶解性有機碳值; DOC_t : 任意時間之溶解性有機碳值)($O_3/DOC=0$)。

3-3 穩定後 BDOC 濾床之操作評估

為瞭解 BDOC 濾床系統穩定後，其對有機物分解能力之再現性，在進行實際水樣前，本研究先以兩種配製之人工有機物水樣，包括醋酸鈉及草酸鈉，進行相關試驗。

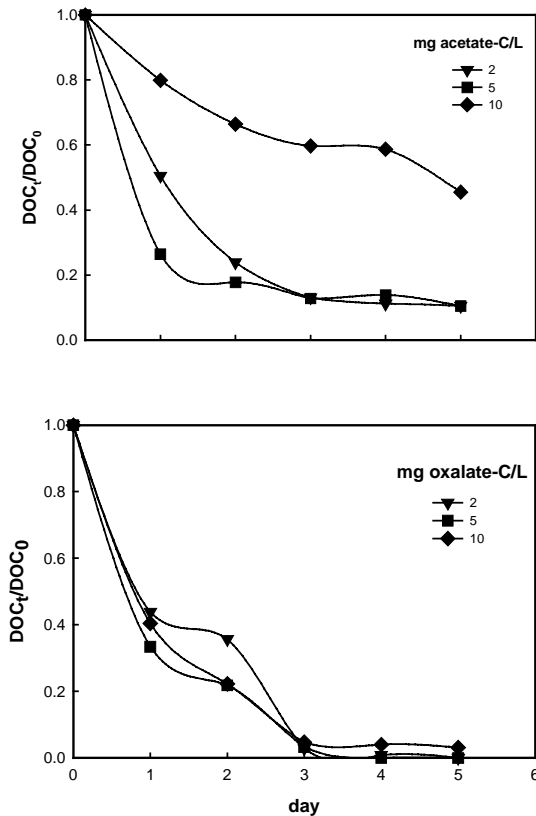


圖 8、兩種基質於穩定後 BDOC 濾床中之分解速率(A)醋酸鈉(B)草酸鈉 ($O_3/DOC=0.5$)

圖 8 為通入不同醋酸鈉及草酸鈉於穩定後之 BDOC 濾床 ($O_3/DOC=0.5$)，出水中殘留之 DOC 含量百分比。圖 8(A) 顯示，2 與 5 mg acetate-C/L 之

DOC_t/DOC_0 ，於 3 天後已降至 0.1，此值至第 5 天仍未見進一步下降，表示 90% 之醋酸鈉-碳可於 3 天內即可為 BDOC 濾床分解；而 10 mg acetate-C/L 之人工配製有機物，在第三天時，其殘留之 DOC 含量百分比，約佔 60%，至第 5 天時則降至約 45%，其未如 2 及 5 mg acetate-C/L 之結果，此可能 BDOC 濾床在進行馴養時，均以低基質進行活化，故該濾床僅對低基質之醋酸鈉有機質有較佳之分解能力，但高濃度時，因其可能超過該濾床之生物處理負荷，故導致生物分解效率降低。

至於草酸鈉在穩定後 BDOC 濾床之分解情形 (圖 8(B))，其結果與醋酸鈉不同，圖中顯示 2、5 與 10 mg oxalate-C/L，在第 3 天時之殘留 DOC 含量百分比，雖 10 mg oxalate-C/L 高於 2 與 5 mg oxalate-C/L，但三種濃度之殘留 DOC 含量百分比均已低於 5%，而 2 與 5 mg oxalate-C/L 之殘留 DOC 含量百分比，在第 5 天時，則降至為 0，表示該物質可被 BDOC 濾床完全分解。且 5 及 10 之 oxalate-C/L，在第 1 天時，殘留 DOC 含量百分比均已降至 40%，均較醋酸鈉為佳，顯示原水經臭氧化後穩定之 BDOC 對草酸鈉之分解能力較醋酸鈉為佳，其原因可能為該濾床以水源加入臭氧進行馴養，推測臭氧將部分水

中有機物氧化成羧酸類基質，故 BDOC 濾床對該類基質應有較佳之分解性，而草酸鈉屬雙羧基，但醋酸鈉僅為單羧基，故前者被分解之能力較後者為佳。

為瞭解 BDOC 濾床 ($O_3/DOC=0.5$) 對有機物分解能力是否具再現性，本研究目前以草酸鈉溶液進行重覆試驗，其結果繪製如圖 9。圖中得知 5mg oxalate-C/L 經 BDOC 濾床分解後，出水中 DOC 殘留百分比之趨勢相同，其分解過程中，除第 2 天之相對百分誤差約 20% 外，其餘監測 1、3、4 與 5 天之數據，相對百分誤差之值均小於 5%，此結果表示，以 BDOC 濾床進行有機物之操作再現甚佳，而醋酸鈉也有相似之結果（在此並未列出）。

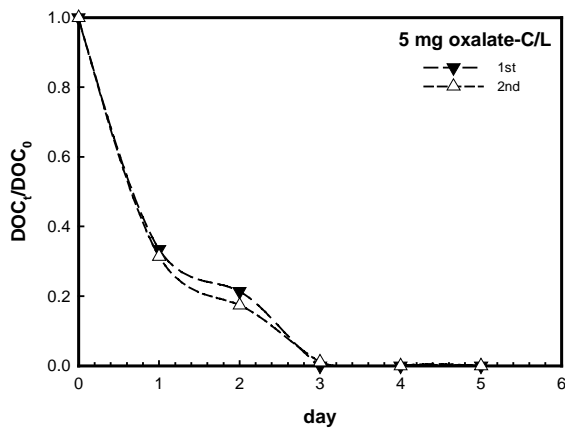


圖 9 草酸鈉之重覆試驗 ($O_3/DOC=0.5$)

四、結論

綜合上述結果與討論，可得如下重要結論：

- (1)以固定床式進行有機物生物分解方法之建立， O_3/DOC 比值對原水通入臭氧之控制，會影響 BDOC 濾床 ($T_{90}=176$ min)穩定所需之時間，此比值以 1.1 為佳。
- (2) $O_3/DOC=1$ ， $T_{90}=176$ min 之 BDOC 濾床之菌數對數生長期之速率與穩定期之菌數，與 $O_3/DOC=0$ ， $T_{90}=729$ min 之值相近。此表示 BDOC 系統若不以臭氧方式進行生物活性化時，延長系統之水力停留時間亦是可行之方式。
- (3)以 $O_3/DOC=0.5$ 活化之 BDOC 濾床，在 10 mg-C/L 時，草酸鈉被分解能力明顯優於醋酸鈉。在 2 與 5 mg-C/L 之兩種有機物 3 天內被分解量，雖仍有差別，但均已呈現穩定之現象。

五、誌謝

本計劃之完成，感謝國科會提供研究經費(NSC92-2211-E-127-00)支持。

六、參考文獻

1. Amy, G., and Debroux, J. "National Organic Matter (NOM) in watersheds." in the panel discussion of the 4th international workshop on drinking water quality Management and treatment technology, Taipei, Taiwan, ROC (1998).
2. Besner, M. C., Gauthier, V., Servais, P., and Camper, A. "Explaining the occurrence of coliforms in distribution systems," *Jour. AWWA*. Vol. 94, No. 8, pp.95-109 (2002).
3. Butterfield, P. W., Camper, A. K., Ellis, B. D. and Jones, W.L. "Chlorination of model drinking water biofilm: implications for growth and organic carbon removal," *Wat. Res.* Vol. 36, No. 18, pp.4391-4405 (2002).
4. Camper, A. K., Brastrup, K., Sandvig, A., Clement, J., Spemcer, C. and Capuzzi, A. J. "Effect of distribution system materials on bacterial regrowth," *Jour. AWWA* Vol. 95, No. 7, pp.107-121 (2003).
5. Carter, J. T., Rice, E. W., Buchberger, S.G. and Lee, Y. "Relationships between levels of heterotrophic bacteria and water quality parameters in a drinking water distribution system," *Wat. Res.* Vol. 34, No. 5, pp.1495-1502 (2000).
6. Chen, C. Y., Tsai, Y. C. and Lu, C. J. "The preliminary study of ozonation affect on biodegradation of natural organic matters," *ASIAN WATERQUAL 2001 Asia-Pacific regional conference*, pp.31-36 (2001).
7. Determann, S., Lobbes J. M., Reuter R. and Rulkotter J. "Ultraviolet fluorescence excitation and emission spectroscopy of marine algae and bacteria," *Mar. Chem.* 62, pp.137-156 (1998).
8. Escobar, I. C. and Randall, R. A. "Case study: ozonation and distribution system biostability," *Jour. AWWA*. Vol. 93, No. 10, pp.77-89 (2001).
9. Frias, J., Ribas, F. and Luchena, F. "A method for the measurement of biodegradable organic carbon in water," *Wat.Res.*, Vol. 26, No. 2, pp.255-258 (1992).
10. Gagnon, G. A. and Huck, P. M. "Removal of easily biodegradable organic compounds by drinking water biofilms: analysis of kinetics and mass transfer," *Wat. Res.* Vol. 35, No. 10,

- pp.2554-2564 (2001).
11. Gagnon, G. A., and Slawson, R. M. "An efficient biofilm removal method for bacterial cells exposed to drinking water", *Jour. Micro. Meth.* 34, pp.203-214 (1999).
 12. Huck, P. M. "Measurement of biodegradable organic matter and bacterial growth potential in drinking water," *Jour. AWWA*, Vol. 82, No. 7, pp.78-86 (1990).
 13. Joret, J.C., Levi, Y. and Volk, C. "Biodegradable dissolved organic carbon (BDOC) content of drinking water and potential regrowth of bacteria:", *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 24, No. 2, pp.95-101 (1991).
 14. Kaplan, L. A., and Newbold, J.D. "Measurement of streamwater biodegradable dissolved organic carbon with a plug-flow bioreactor", *Wat. Res.* Vol. 29, No. 12, pp.2696-2706 (1995).
 15. Lai, W.L and Yeh, H.H. "The Removal of natural organic matter by conventional water treatment processes in Taiwan", 7th *IAWQ Asia-Pacific Regional Conference*, Taipei, Taiwan, Oct. 18-20, pp.908-913 (1999).
 16. Langlais, B., Reckhow, D. A., and Brink, D. R. "Practical application of ozone", *Ozone In Water Treatment : Application and Engineering.* AWWARF and Lewis Publishers, Chelsea, Michigan (1991).
 17. LeChevallier, M. W. "Coliform regrowth in drinking water: A review," *Jour. AWWA.*, Vol. 82, No. 11, pp.74-86 (1990).
 18. LeChevallier, M.W., Babcock, T.M. and Lee, R.G., "Examination and characterization of distribution system biofilms," *Appl. Envir. Micro.*, Vol. 53, No. 12, pp.2714-2724 (1987).
 19. LeChevallier, M.W., Cawthon, C.D. and Lee, R.G. "Inactivation of biofilm bacteria," *Appl. Envir. Micro.*, Vol. 54, No. 10, pp.2492-2499 (1988).
 20. LeChevallier, M.W., Schulz, W. and Lee, R.G. "Bacteria nutrient in drinking water," *Appl. Envir. Micro.*, Vol. 57, No. 3, pp.857-862 (1991).
 21. Mogren, E.M., Scarpino, P. and Summers, R.S. "Measurement of biodegradable dissolved orange carbon in drinking water," In: *Proc. Annual AWWA Conf.*, Cincinnati, OH, June 18-24 (1990).

- 22.Momba, N. B., Cloete, T. E., Venter, S. N. and Kfir, R., "Examination of the behaviour of *escherichia coli* in biofilms established in laboratory-scale units receiving chlorinated and chloraminated water," *Wat. Res.* Vol. 33, No. 13, pp.2937-2940 (1999).
- 23.Ollos, P. J., Huvk P. M. and Slawson, R. M. "Factors affecting biofilm accumulation in model distribution systems," *Jour. AWWA* Vol. 95, No. 1, pp.87-97 (2003).
- 24.Porter, K.G. and Feigh, Y.S " The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora," *Limmol. Oceanogr.*, Vol. 25, No. 5, pp.943-948 (1980).
- 25.Ribas, F., Frias, J., and Lucena, F. "A new dynamic method for the rapid determination of biodegradable dissolved organic carbon in drinking water," *Jour. Appl. Bact.*, Vol. 71, pp.371-378 (1991).
- 26.Servais, P., Anzil, A., and Ventresque, C. "Simple method for determination of biodegradable dissolved organic carbon in water," *Appl. Envir. Micro.*, Vol. 55, No. 10, pp.2732-2734 (1989).
- 27.Servais, P., Billen, G., and Hascoët, M.C., , "Determination of the biodegradable fraction of dissolved organic matter in waters ," *Wat. Res.*, Vol. 21, No. 4, pp.445-450 (1987).
- 28.Servais, P., Laurent, P. and Randon, G. "Comparison of the bacterial dynamics in various French distribution system," *Jour. Water SRT-Aqua.*, Vol. 44, No. 1, pp.10-17 (1995).
- 29.Sibille, I., Mathieu, L., Paquin, J.L., Gatel, D. and Block, J.C. "Microbial characteristics of a distribution system fed with nanofiltered drinking water," *Wat. Res.* Vol. 31, No. 9, pp.2318-2326 (1997).
- 30.Te Welscher, R.A.G, Schellart, J.A. and de Visser, P.M. "Experience with fifteen year of drinking water distribution without a chlorine residual", specialized conference on drinking water distribution with or without disinfectant residual, 28-30 Sep. 1998, Mülheim an der Ruhr, Germany , pp.XIX-1-XIX-8 (1998).
- 31.Van der Kooij, D., " Assimilable organic carbone (AOC) in drinking water", in *Drinking Water Microbiology* , G.A. McFeter , ed., Springer-Verlag, New York , pp.57-87

- (1990).
32. Van Der Kooij, D., Visser, A. and Hijnen, W. A. M. "Determining the concentration of easily assimilable organic carbon in drinking water", *Jour. AWWA*, Vol. 74, No. 10, pp.540-545 (1982).
33. Van Der Kooij, D., Veenendaal, H. R., Cynthia, B. C., Van Der Klift, D. W. and Drost, Y. C. "Biofilm formation on surfaces of glass and teflon exposed to treated water" *Wat. Res.* Vol. 29, No. 7, pp.1655-1662 (1995).
34. Van der Kooij, D., Van Lieverloo, J. H. M., Schellart, J. A. and Hiemstra, P. "Distributing drinking water without disinfectant: highest achievement or height of folly," *Jour. Water SRT-Aqua*, Vol. 48, No. 1, pp.31-37 (1999).
35. Wierenga, J. T. "Recovery of coliforms in the presence of free chlorine residual," *Jour. AWWA.*, Vol. 77, No. 11, pp.83-88 (1985)
36. Yeh, H.H., Shy, H.R., Tseng, I.C., and Lai, W. L. "Chlorine Residual and assimilable organic carbon (AOC) for drinking water quality control in Taiwan," *Jour. of the Chinese Institute of Environmental Engineering*, Vol.10, No. 2, pp.87-94 (2000).
37. Zhang, M., Semmens, M. J., Schuler, D., and Hozalski R. M, "Biostability and microbiological quality in a chloraminated distribution system," *Jour. AWWA.* Vol. 94, No. 9, pp.112-122 (2002).
38. 胡苔莉和蔡蘊華, 「以原位雜交技術探討配水系統中之生物膜」, 第二十七屆廢水研究會論文集(2002)。
39. 陳昌佑、蔡元正、謝瑜芬、周鴻盛和盧至人, 「臭氧對天然有機物的生物分解影響之研究」, 第二十四屆廢水處理研討會論文集, 第 193-198 頁 (1999)。

訂定硬度及總溶解固體量水質標準之化學性限制因子

黃金寶¹

水質準則與標準可依公共健康及民眾接受度訂定，對於毒性物質等絕對必要達到某一定的標準。對於非毒性物質，只要民眾願意付一定的費用而去使用某一定的標準，那是沒有什麼問題的。就我所知道，台灣正在訂定總溶解固體量與硬度的標準，我這篇文章的主要用意，即是提出一些化學理論做為訂定標準的參考，一旦標準訂好之後能夠達到目的而不違背化學原理是相當的重要。舉例說明，如幾年前環保署在訂定廢水的透明度時，因為沒有考量色度及總溶解固體量與化學需氧量，亦會影響透明度，而產生工業廢水可符合總溶解固體量與化學需氧量，而不符透明度的標準，反過來，符合透明度卻不符總溶解固體量與化學需氧量的標準。因此透明度標準因引起很多的矛盾最後只好被放棄不用。希望本篇文章對總溶解固體量及硬度的水質標準的訂定能提供一些化學上的準則。

依據定義，硬度是兩價陽離子大部份是鈣離子及鎂離子的總和。鹼度則是水中和酸度的能力，主要成分大部分是氫碳酸(HCO₃⁻)。陽離子有鈣離子(Ca²⁺)

、鎂離子(Mg²⁺)、鉀離子(K⁺)、及鈉離子(Na⁺)。陰離子的主要成份則為氫碳酸、硫酸根離子(SO₄²⁻)、氯離子(Cl⁻)及硝酸根離子(NO₃⁻)等。依電子中和原理會有：

$$\begin{aligned} & \text{【Ca}^{2+}\text{】} + \text{【Mg}^{2+}\text{】} + \text{【K}^{+}\text{】} + \text{【Na}^{+}\text{】} \\ & = \text{【HCO}_3^{-}\text{】} + \text{【SO}_4^{2-}\text{】} + \text{【Cl}^{-}\text{】} + \\ & \text{【NO}_3^{-}\text{】} \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

上式之離子濃度皆以每公升之當量表示。也就是說如果知道這些離子的當量濃度則可以計算出總溶解固體量(TDS)，換言之，

$$\begin{aligned} \text{TDS} = & 20.2 \text{【Ca}^{2+}\text{】} + 12.26 \text{【Mg}^{2+}\text{】} + 23.01 \\ & \text{【Na}^{+}\text{】} + 39.1 \text{【K}^{+}\text{】} + 61 \text{【HCO}_3^{-}\text{】} + 48 \\ & \text{【SO}_4^{2-}\text{】} + 35.5 \text{【Cl}^{-}\text{】} + 62 \text{【NO}_3^{-}\text{】} \dots(2) \end{aligned}$$

在缺乏水質化學離子成分情況下，為要估計大部份水中的 TDS，通常可作如下的假設：

假設 1：大部份水中的鈣離子(Ca²⁺)與鎂離子(Mg²⁺)比為 3 比 1，

$$\text{即 } \text{【Ca}^{2+}\text{】} : \text{【Mg}^{2+}\text{】} = 3 : 1$$

假設 2：硬度與鉀離子(K⁺)及鈉離子(Na⁺)總和的比為“x”，

$$\text{也就是 } (\text{【Na}^{+}\text{】} + \text{【K}^{+}\text{】}) : T = x,$$

T 是總硬度，x 值越大表示水質

1. 黃金寶：美國德拉華大學土木環工系菲利普講座教授
2. 譯者：張嬋麗，自來水公司水質處水處理組組長

越軟, x 值越小表示水質越硬。

假設 3: 鹼度(HCO_3^-)與硬度的比假設是

Y , 也就是說【 HCO_3^- 】: $T = y$

將上述 3 假設及電子中和原理代入(2)中, 會得到

$$\text{TDS} = (66.57 + 79.56x + 12.5y)T \dots \dots (3)$$

即任何水中的 TDS 皆與總硬度、 T 、 x 、 y 相關。也就是依據水中的總硬度, 水的型態是軟水或硬水, 暫時或永久硬度, 水中的 TDS 也就差不多固定了。舉例來說明:

例 1: 假如水是硬水且是永久硬度時, 也就是 $x = 0.2$, $y = 0.2$ 而定硬度必須為 150 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就等於 255 毫克 升。同樣的水, 如訂硬度必須為 350 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就等於 595 毫克 升。

例 2: 假如水是硬水且是暫時硬度時, 假設 $x = 0.2$, $y = 1.5$ 而定硬度必須為 150 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就等於 304 毫克 升。同樣的水, 如訂硬度必須為 350 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就等於 709 毫克 升。

例 3: 假如水是軟水且是永久硬度時, 假設 $x = 1.5$, $y = 0.2$ 而定硬度必須為 150 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就等於 565 毫克 升。同樣的水,

如訂硬度必須為 350 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就必須為 1319 毫克 升。

例 4: 假如水是軟水且是暫時硬度時, 假設 $x = 1.5$, $y = 1.5$ 而定硬度必須為 150 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就等於 614 毫克 升。同樣的水, 如訂硬度必須為 350 毫克 升時, 此時總溶解固體量(TDS)就等於 1433 毫克 升。

表一顯示當硬度分別為 150 毫克 升和 300 毫克 升時, 總溶解固體量(TDS)的計算值。圖二及圖三分別顯示在硬度分別為 150 毫克 升和 300 毫克 升時, 總溶解固體量(TDS)與 y 值的關係。

總而言之, 在決定硬度與總溶解固體量的水質標準時, 務必要循著化學原理的基礎, 水質標準如違反化學原理則無法達到設定水質標準的目的。

上列計算只是根據很簡單的化學原理, 還有很多因素都可能會影響硬度與總溶解度固體量的分析, 例如水溫、採樣方法及化學分析方法等都可能影響實驗數據。再者大台灣地區的水質可能很多人(包括筆者)都不甚清楚, 因此之故, 上列化學方程式(公式 3)很可能會有誤差。

筆者有兩點建議:

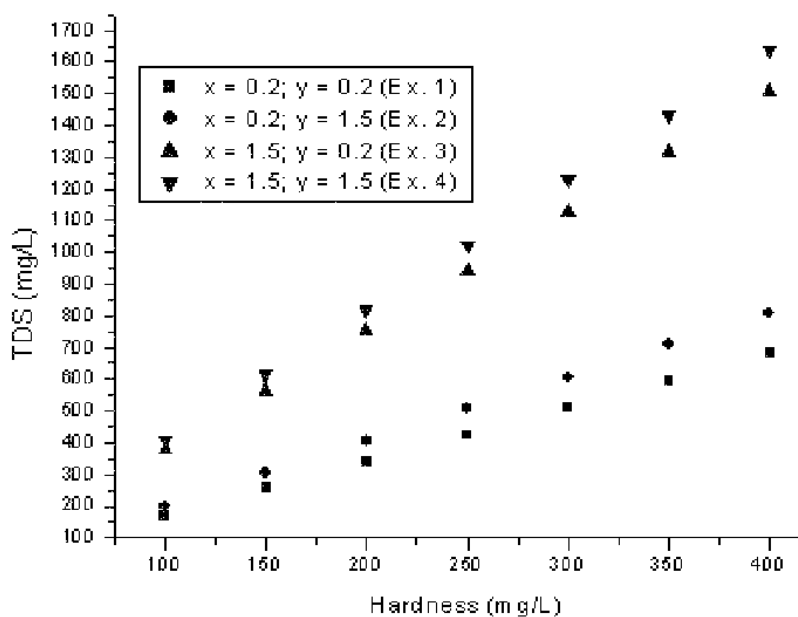
(一)完整的水質數據：把全台灣主要飲用水源的主要化學成分列清楚,這樣可以知道台灣的飲用水體有哪些是屬於上述四種狀況,即：1.軟水-永久硬度水,2.軟水-暫時硬度水,3.硬水-永久硬度水,4.硬水-暫時硬度水。看最有問題的水(即軟水-暫時硬度水)佔多少比例,再決定有多少機率水廠會因為化學的原因,而無法達到所定出之硬度與總溶解固體量的

值,而這百分比機率是否為飲用水者所能接受。

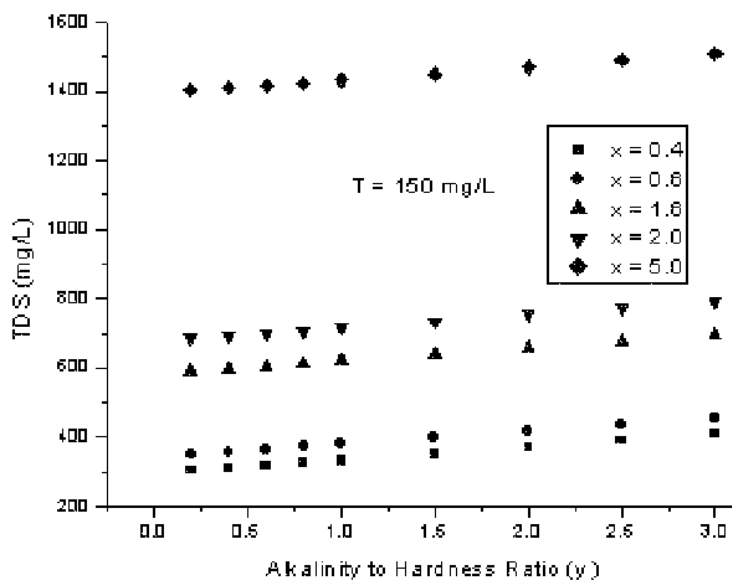
(二)現場實驗證明：當已擬出硬度與總溶解固體量數值但未公佈前,建議做現場實驗以證明這個標準是可以達到的,且因化學原理因素而不能達到的比例有多大。如果不能達到標準的比例是大眾不能接受的,則可以再做其他的修正考量。

Table 1. Relationship between TDS and Hardness at Various x and Y Values.

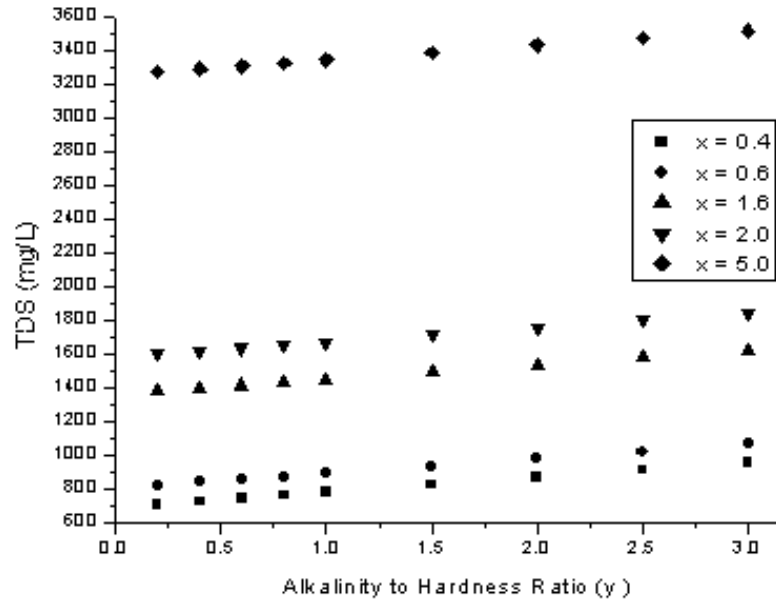
Hardness (mg/L)	x	y	TDS (mg/L)	Hardness (mg/L)	x	y	TDS (mg/L)
100	0.2	0.2	170	100	1.5	0.2	377
150	0.2	0.2	255	150	1.5	0.2	565
200	0.2	0.2	340	200	1.5	0.2	754
250	0.2	0.2	425	250	1.5	0.2	942
300	0.2	0.2	510	300	1.5	0.2	1130
350	0.2	0.2	595	350	1.5	0.2	1319
400	0.2	0.2	680	400	1.5	0.2	1507
100	0.2	1.5	202	100	1.5	1.5	409
150	0.2	1.5	304	150	1.5	1.5	614
200	0.2	1.5	405	200	1.5	1.5	819
250	0.2	1.5	506	250	1.5	1.5	1023
300	0.2	1.5	607	300	1.5	1.5	1228
350	0.2	1.5	709	350	1.5	1.5	1433
400	0.2	1.5	810	400	1.5	1.5	1637



圖一、總溶解固體量與硬度在不同 x 值與 y 值之關係



圖二、總硬度 150 毫克/升時，總溶解固體量與 y 值(鹼度與硬度比值)之關係



圖三、總硬度 350 毫克/升時，總溶解固體量與 y 值（鹼度與硬度比值）之關係

地理資訊系統在自來水管網改善工程之應用

廖介廷*

北水處為改善漏水及加速老舊管線之汰換工作，業已訂定管網改善計劃實施期程，總期程為三十年，自 94 年至 123 年止。中程計畫期程則自 92 年至 95 年止，總工程費為 25 億 2,000 萬元，預定汰換管線 220 公里 汰換制水閘 2,400 只及漏水檢測 12,000 公里。經統計北水處於 66 年至 87 年間之施作情形，共汰換管線 582 公里，平均年汰換率約 0.5%，92 至 95 年預定汰換 220 公里，汰換率約 0.8%。因此為提高管線汰換之效率與效益，必須針對轄區管網中目前所存在之問題，一一檢討並訂定管線汰換優先順序，以期整合人力、財力與廠商施工之能量，發揮整體運作之功效，儘速有效降低漏水率。由於自來水事業各項業務發展迅速，其所處理資料量相當龐大，為提昇北水處服務品質及增進營運效率，必須充分有效利用自來水地理資訊系統 (Geographical Information System, GIS)，以加強輸配水管網施工、維修與調配功能，提昇管線施工效率與效益。其中訂定管線汰換優先順

序，必須先期導入地理資訊系統 (GIS)，藉由系統之強大功能作資料快速搜尋、統計與分析，以期全盤了解管網弱點，訂定改善工作細部計畫，各單位依此計畫施工，能有條不紊，以降低社會對北水處漏水改善能力之疑慮，這對於推動上述工程，將有莫大助益。

一、前言

建置地理資訊系統 (GIS) 已為世界潮流及國家政府政策方向。GIS 的資料是整個系統運作的材料，而 GIS 的運作及分析功能則為系統生產的工具。依資料的複雜性及處理的程度，可概分為六個使用層次：

1. 資料的生產管理。
2. 資料的直接查詢。
3. 製圖。
4. 統計分析。
5. 空間分析。
6. 綜合性決策支援。

效率、品質、創新、顧客回應是建立與維持競爭優勢的基石。自來水是民

* 臺北自來水事業處西區營業分處給水股 股長

生維生所必須，且與經濟成長社會發展息息相關，為滿足大台北地區用戶用水需求，北水處初期建置首重圖資自動化、設備管理及工程相關資訊管理系統的整合與配套建置。目前屬於第四個層次：運用GIS的特性，將空間與屬性資料作查詢、統計與分析。將地圖空間資料與供水設備的各種屬性資料，利用電腦來快速處理大量相關圖資，整合與管理，並以多樣化的型式展現、查詢、統計及分析，進而支援決策。其子系統包括管線數值系統、圖資管理系統、閘栓檢點系統、輸配水工程管理系統、給水工程管理系統、施工資訊及工程狀態管理系統、網際網路用戶用水查詢服務與水質異常案件查詢系統等。

系統內所含圖資可分四大部分：

1. 地形數值圖。
2. 管線數值圖。
3. 供水管線與設備細部圖資。
4. 用戶水費資料。

利用定位功能，輸入地標、地址、門牌號碼、道路名稱、重要供水設備、1/1000 圖號、閘類編號、栓標號、水號、生飲點等，即可迅速定位至所要查詢的確實空間位置，並自動將地形資料呈現

出來；繼而下載管線圖資；並可進一步查詢管線設備(竣工圖、閘類、消防栓、生飲臺、用戶用水設備設計書、供水設施現場資料回報單等)之基本資料、工程資料及維護資料，及查詢竣工細部圖資；進而由圖面框選範圍統計各項供水設備之口徑、材質、長度等、由表列可點選設備所在位置、訂定管線竣工年月或管種等條件篩選符合之管線，以訂定管線及設備汰換計畫。

但北水處因歷經百載，又適逢戰亂更迭、大小水廠合併、組織重整、辦公室數次搬遷、給水外線的圖資交由轄區分處負責管理、施工單位為多頭馬車因橫向聯繫不夠各自施工等因素，造成原有的圖資已有部分遺失，當初所繪製的竣工圖，且因監工的敬業程度，繪製的品質不一，致無法據以判斷套繪於管線圖。為建立正確的圖資，除須針對圖資目前的既有問題，利用管線汰換及維修的機會重新建立外，對於圖資的產生及可能的變動來源更須建立維護機制，使作業流程導入正軌。

又經統計以往漏水資料，顯示給水外線漏水件數佔所有漏水件數之92%，實為漏水大宗。未來如將重點置於汰換

給水外線，並優先汰換鉛管及鍍鋅鐵管，既可產生較大效益，亦能確保水質，避免紅水現象。為確保管線汰換成效，以降低漏水，首須整理給水外線，降低給水外線總長度，並以配水管線抽換為輔。因此亟須消弭同一巷道多條給水管現象，使給水外線均能就近裝接予給、配水管，使供水管線單純化，以利維修及降低漏水。

二、自來水地理資訊系統建置原則與發展程序

2.1 自來水地理資訊系統之定義

所謂地理資訊系統，乃是一組軟體，而能：1.數位化形式收集空間資料。2.有效率的存取這些資料。3.分析這些資料以得到衍生的資料。4.以使用者方便有效的方式顯示數位化資料。

自來水地理資訊系統(Geographical Information System , G I S) 係將地圖的空間資料與自來水的各項供水設施與設備之各種屬性資料，利用電腦來整合管理，並可以多樣化的形式展現、查詢、統計及分析，發展成一動態管理並支援決策的系統。系統中的資料庫可分為兩大類：空間圖形資料庫和屬性資料庫。

其中，空間圖形資料型式可分為四種：
點的資料：例如消防栓、制水閥、水表。
線的資料：例如自來水管線。
面的資料：例如街廓、淨水場。
立體資料：例如地表。

屬性資料為一般文字、數字資料，例如各種報表、成果報告、圖表照片等。空間圖形與屬性資料透過關聯式資料庫架構連結在一起。使用者可以透過圖形資料查詢相關屬性資料，也可以透過屬性資料查詢相關圖形資料。

北水處自來水地理資訊系統之內容涵蓋：圖資自動化 (Automated Mapping , AM)、設備管理 (Facility Management , FM)、用戶服務 (Customer Service , CS) 及支援決策 (Decision Support Systems , DSS)。為達需求，另須整合北水處現有其他相關資訊管理系統諸如：資訊管理系統 (Management Information System , MIS)；水質、水壓監控系統 (SCADA)；工程管理系統 (Design Construction Management System , DCMS)；全球衛星定位系統 (Global Positioning System , GPS) 等，其相互關係如下圖：

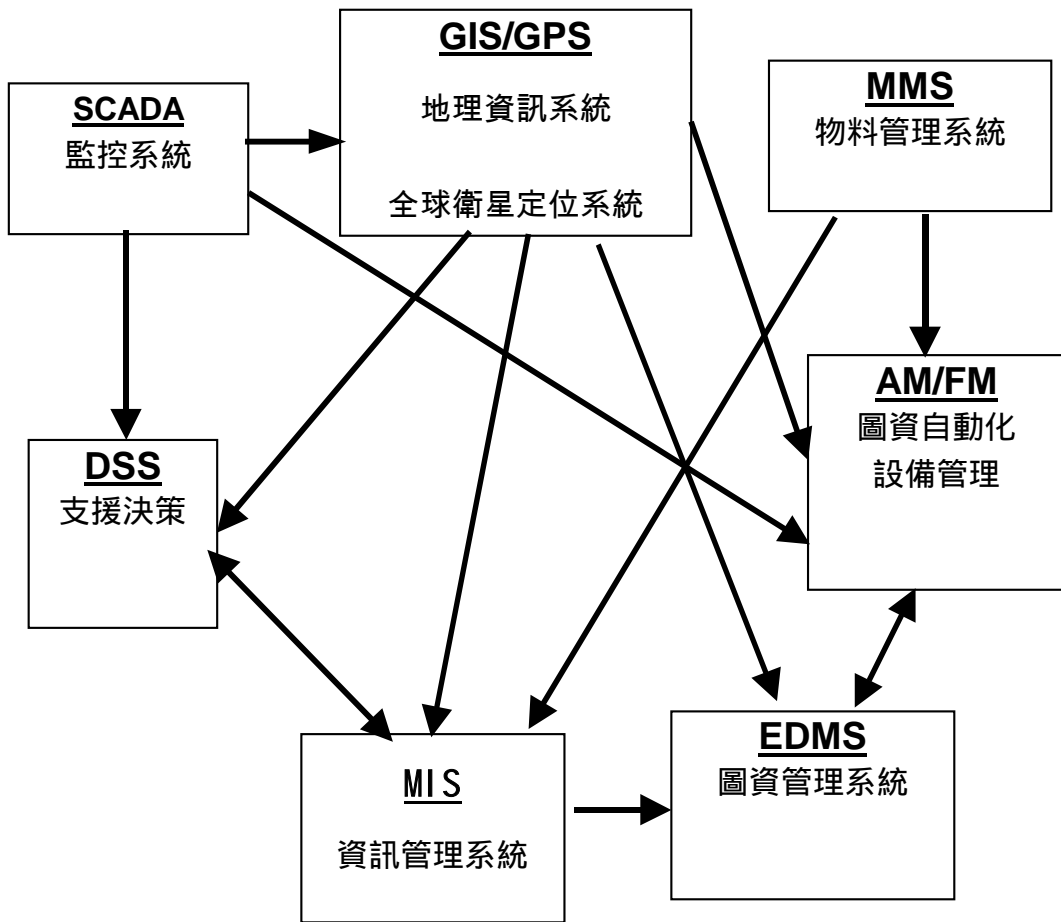


圖 1 GIS 與資訊管理系統關聯圖

2.2 系統建置之基本原則

自來水地理資訊系統的建立，是一件需要長期投入大量人力與經費的重要工作，必須以永續經營理念作基礎，配合「國土資訊系統」架構，充份考量現在與未來需求，循序漸進，並預留系統的擴充空間，以期分階段順利推展。其基本原則如下：

- (一) 遵循國土資訊系統規範圖 2-3，以達資料互通與共享之目的。
- (二) 配合臺北市政府地理資訊系統整體發展趨勢，共享國家資源，充分發揮整體效益與功能，以確保地理資料的正確性。
- (三) 應充分考量系統功能，初期建置則

以基本及迫切需求為主，俾免系統初期過分龐大而失敗。

(四)系統應能支援決策，及應用系統能滿足各階層所需，以供業務管理及決策參考。

(五)建置「圖資管理系統」是發展GIS的首要工作，將圖資儲存管理電腦化，使用者可利用WEB環境，下索引條件快速找到圖資，據以修繪圖資，並作歸納、查詢、統計及分析。

(六)為使各項工程所產生的圖資得以儘速導入管理與運用，工程品質及用料得隨工程進度予以掌控，發展「工

(七)系統架構環境網路化，採集中-分散程管理系統」，以利及時反應圖資與工程現況，並結合物料與會計系統，以提昇管理營運績效。式管理，並兼顧使用安全與控管。

(八)整合北水處現有工程及相關資訊管理作業，以期控管資料流 (data flow)，使資訊能互通、共享與多目的運用。

另北水處在推展系統時，與該系統有關聯，無論是內部或外部單位，已發展或將發展的系統，均須充分檢討系統與系統間之聯結性，俾利謀求資訊的高度活用，茲列舉其他關聯系統如下(圖 2

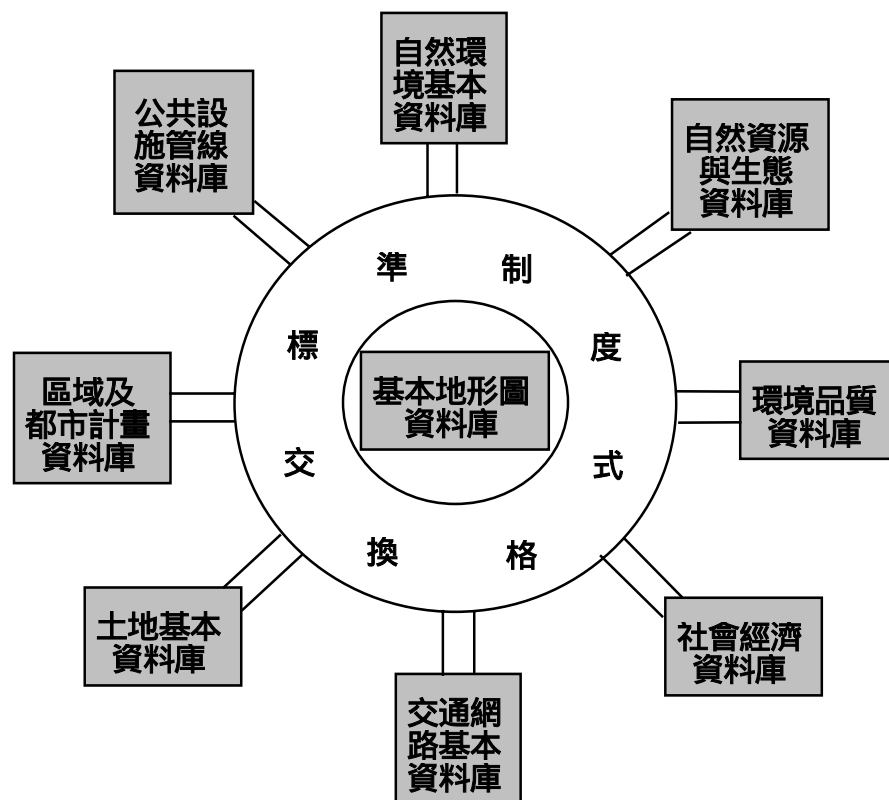


圖 2 國土資訊系統

顯示以北水處該系統為中心，與其他系統相聯結的概念)：

(一)內部：水運用系統、管路監視系統、計量系統，物料管理系統等。

(二)外部：道路管理系統、其他公共事業系統，都市計畫系統，消防系統等。

2.3 系統發展程序

由於系統的複雜性與資料的龐大，並非一蹴可成。因此循序漸進，分期發展，預留系統的擴充空間，當是系統發展初期，集思廣益的首要工作。一般建置系統常遇到的挫折，例如資料庫設計錯誤，以致數化的資料無法滿足所需；軟硬體設備採購太快而忽略了更重要的工作如資料庫的設計、人員的訓練及組織的調整；使用者對系統不了解或是需求不明確；系統發展程序錯誤等而造成系統的失敗，有鑑於此，Anteucci 等人經多年研究，於 1991 發展出一個五階段共十七個步驟的系統發展程序，簡列如下：

階段一：系統架構之建立(Concept)

步驟 1：使用者需求分析
(Requirement analysis)

步驟 2：可行性評估
(Feasibility evaluation)

階段二：系統設計(Design)

步驟 3：系統建立計畫

(Implementation plan)

步驟 4：系統設計(System design)

步驟 5：資料庫設計
(Data base design)

階段三：系統建立(Development)

步驟 6：系統購置
(System acquisition)

步驟 7：資料庫建立
(Data base acquisition)

步驟 8：組織人員配置及訓練
(Organization,staffing,and training)

步驟 9：系統操作程序之準備
(Operation procedure preparation)

步驟 10：系統操作環境之預備
(Site preparation)

階段四：系統運作與維護(Operation)

步驟 11：系統安裝
(System installation)

步驟 12：示範區計畫之執行
(Pilot project)

步驟 13：資料轉入
(Data conversion)

步驟 14：應用系統開發
(Applications development)

步驟 15：應用業務之自動化
(Conversion to automated operations)

階段五：系統評估與擴充(Audit)

步驟 16：系統評估

(System review)

步驟 17：系統擴充

(System expansion)

2.4 G I S 資料運用的層次

G I S 的資料是整個系統運作的材料，而 G I S 的運作及分析功能則為系統生產的工具。但能發揮 G I S 功能及呈現效益者，則是其運用的方法與技術。這正如好的機器有好的材料，再配合優良的操作技術及運作方法，才能生產出精良的產品。依資料的複雜性及處理的程度，可概分為六個使用層次。

(一)資料的生產管理

此為最基礎之使用層次，任何之基本資料皆須數化產生，並加以管理及展示，但非所有的數化資料皆須自己產生。例如地形資料之數值化，最好是由權責生產單位如都市發展局等來製作，此不但在建置階段可節省大量的經費與所投入的人力，對於是項資料之維護，亦可每年省去約 5% 的地形圖資維護費用。將來傳輸管線數值資料予中央單位或道路主管機關，對於套疊各管線資料於地形圖時，亦將不至於產生大問題。

此層次適用於各原始地理資訊之生產單位及圖資管理與更新之業務。例如農航所及聯勤製圖廠之地形圖的測繪；

北水處之自來水管線圖的測繪；民政局之門牌號碼的測繪等。其 G I S 系統的特性為在空間資料的數化及資料庫的管理與維護。故在資料的輸入及管理部分功能要強。輸入要方便快捷，管理上則重在資料的快速存取。

此層次之效益，可以使空間資訊能更有效之管理儲存與利用，並大幅縮短圖資更新的時程。系統多可以一般之 CAD/CAM 即可滿足輸入及繪圖之需求。若 C A D 之資料管理功能良好，則可以 C A D 型態之 G I S 系統來運用，但須注意使用者在資料交換上方便的需求。此層次對於位相 (Topology) 的關係及空間分析功能則多不需要。當然完整之 G I S 系統亦可以用於此層次之工作，在效率上可能要差些，但在資料轉換及高層次之運用上則較為有利。

(二)資料的直接查詢

空間及屬性資料不經分析處理，而直接以原資料型態加以取用之方式為直接查詢。此層次之工作為一般 G I S 的資料庫建立後，其運用中最基本及經常者。

所有的 G I S 使用者皆會參與此層次的工作，各種業務都會以屬性或空間查詢，來查看其所需要的局部資料。而各類屬高層次的業務，在自動化未完成前，亦多以直接查詢的方式取得資訊，

以便採取人工或半自動化的方式來完成分析工作。有些業務則十分依重此層次的運作，這些業務多為資訊的彙整者與供應者，多屬管理或服務的層次。例如養工處查詢管線資料、地政事務所查詢地籍業務、考工單位查詢管線施工資訊等。

查詢的重點是在於查詢方式的彈性、親和性及查詢的效率。適合之GIS應具備屬性與空間查詢的功能，而查詢的方式愈多元化則愈好，最好是使其模組化。

此層次之效益，可以大幅縮短傳統查圖所須的作業時間，並可以使各類圖資在圖面上整合，在視覺上產生疊圖的效果，以便進一步人工分析。這是GIS最易於表現與發揮效用的工作。此層次有部分工作可以由CAD系統來滿足，但此限於CAD與資料庫有連結者，否則CAD的查詢多只限於屬性的查詢，無法以邏輯條件來選取所須的空間資訊。

(三)製圖

製圖是將現有的資料以地圖的方式列印，此層次的工作多與查詢及分析結果之表現有直接的關聯性。但資料的有效表現，則與系統的出圖能量有相當大的關係。諸如出圖的範圍大小、出圖圖資的目視效果都與使用何種系統之層次

有關，並非一套系統就可以無論圖資的大小、範圍都可以應付自如。至於圖面內容的安排、易讀與美觀則是另一個問題。

幾乎每一個使用者都會用到出圖，而要製作專業地圖則需要對於繪圖之美觀、清晰上作更嚴格的要求。運用GIS系統後，製圖的成本將大幅地下降，且圖資更新的時效可大幅提昇，對於人為的錯誤亦可大幅降低。此層次之工作可以圖資自動化系統(AM)來完成，但亦可以GIS及CAD來工作，唯要考慮地理資料的流通性、資料的管理，則可以將GIS與AM加以結合。出圖本身亦不需要位相資料，因此若資料無位相結構者，則效率將會增加。

(四)統計分析

運用GIS的特性，將空間與屬性資料作統計分析。此層次的工作多屬於規劃、預測及專責統計單位之工作。系統在屬性統計上，則須靠資料庫(DBMS)來處理。若要將統計結果以空間資料型態展現，則必須以GIS為之，可能較為方便。此外如有非目前之GIS或DBMS所能支援之統計，則須自行開發應用系統(AP)來補強。

(五)空間分析

空間分析實為GIS的核心功能，是將空間資料無以弗界得以快速取得利

用，並加以創造所求、整合，倍增系統附加價值的工具。亦有人稱之為分析查詢，亦即是所取得的資訊係先經過空間分析才能得到的，以別於直接查詢。

各單位中有空間性規劃、設計及管理者都可能落在此層次。例如經建會的綜合開發計畫、營建署的區域計畫、都發局的都市計畫、各類管線單位的管線配置計畫、環保署的環境評估、國家公園的生態管理等均可使用空間分析來協助管理相關業務。若其功能越完整，則功效就越高，可使業務在資訊的處理上更有事實的依據，並提高作業的詳細程度及品質。進而將作業程序予以模式化，則更可以大幅提高作業效率，也不因人事異動而造成作業迥異。

此層次的工作非一般性的C A D及A M所能發揮，因為資料多須位相結構。故以此層次為重心的單位，務必要選擇正統之G I S系統，而不能以C A D或A M作為代替品，以免在系統更換上多付成本。

(六)綜合性決策支援

此層次的工作是以較有系統且完整的支援決策為主。不同於空間分析層次者，是其運作的特性、完整性及其解決問題的目標導向，使用者只須瞭解決策資訊需求而不須太瞭解如何取得所需資訊。

一般常用在須以自動化處理大量的資料及複雜的程序，始能提供決策者作業預測、評估與決定。此層次所須之G I S系統須空間分析功能好的查詢及展示功能，更重要的是配合決策模式所製作的輔助系統如模式的巨指令或語言；模式庫的管理系統等。此外若能與專家系統作結合，則更理想。如此專家系統可以智慧式地指導資料的分析與運作，整合並取得決策所需的資訊，提供方案作決策之參考與建議。此層次的重點工作是在決策模式的形成及運作，故要配合G I S系統的建置而培育一些專職工程師，以免空有工具而無工具之運作者。

三、既有管線資料彙整、分析與數化

3.1 管線資料彙整分析

北水處供水轄區遼闊，目前供水範圍約434平方公里，供水人口數約383萬，用戶數已達146萬戶，每日供水242萬噸。供水區域以臺北市為中心，兼及臺北縣三重、中和、永和、新店與汐止市七個里，形成臺灣地區北部最大都會公共給水系統，並與臺灣省自來水公司的管網系統在三重、中和、關渡、汐止、內湖等連接，必要時可相互支援共享水資源。

目前輸配水管線累計總長度 3,616 公里；給水管線累計總長度 2,864 公里；制水閥 34,641 只；配水池 90 座，總容量 324,453 三立方公尺；加壓站 57 座。重點圖資數化前之彙整與分析如下：

(一)管線圖

北水處原有兩種管線圖，一種是 1/1000 輸配水管線圖，另一種是 1/500

給水管線圖。因各單位業務之特性，配有管線圖之藍曬一份，並由供水科負責輸配水管線圖原圖(透明膠片)之修繪；各分處負責轄區範圍 1/500 給水管線圖之修繪。1/1000 輸配水管線圖建置較早，1/500 給水管線圖建置較後，兩種圖資之差異性如表 1

表 1 二種管線圖之差異性

管線圖	比例尺1/500 給水管線圖	比例尺1/1000 輸配水管線圖	備註
資料情形			
套繪修正單位	分處	供水科	
制水閥	無編號	有編號	
用戶給水外線制水閥	部份有	無	
消防栓	無編號	有編號	
給水外線、水號、門牌號碼	有	無	

有鑒於內政部要求自來水單位其管線數化之精度為比例尺 1/500,因此北水處建置GIS必須以 1/500 給水管線圖為基準。查北水處 1/500 給水管線圖之建置時程，各地區製作年月及數量詳表 2。此乃因預算有限，採取分批陸續建立各地區之管線圖所作不得不之措施。由表可見，北市區已逾十數年，但尚未辦理更新，地形資料已因都市發展的變更，早已不符現況；用戶的增加或變更

其接水位置，其給水外線的修繪，權責單位有少部分在藍曬圖或原圖上作修繪的動作，但常因地形圖尚未更新，使得管線圖套繪無所從；就算是套繪了，其位置之準確性也堪慮，且重新製作原圖然後再出藍曬圖，所費不貲，然圖資之變更如長江大浪滔滔不絕，如何於適當時機辦理，眾說紛紜見仁見智。但圖紙用久必產生諸多損壞或脫落，也逐漸降低修圖的意願而造成圖資的可靠性大

幅降低。台北縣的管線圖，則約在 81 年建立。

表 2 北水處 1/500 給水管線圖製作年月及數量

單位	地區	管線圖製作年月	數量	備註
東區營業分處	東市區	七十三年八月	185	
	南港	七十三年八月	65	
	內湖	七十三年八月	127	
西區營業分處	西市區	七十三年八月	101	
	中和	八十年十一月	99	
	永和	八十年十一月	56	
	安康	八十一年二月	91	
南區營業分處	南市區	七十九年十二月	183	
	文山	七十九年十二月	115	
	新店市	七十九年十二月	76	
北區營業分處	北市區	七十七年六月	81	
	三重市	八十二年十月	92	
陽明營業分處	北投	八十年十二月	114	
	士林	八十年六月	149	
	陽明山	八十年十二月	213	
合計	1,747	北市數量：1,333；北縣數量：414。		

(二)用戶用水設備設計書

用水設備依其性質可分為管線、水表、水池、加壓設備（抽水機）閘類及其他另件，並以總表為責任分界點，如有漏水，表前部分由北水處免費代為修理；表後部分由用戶自行僱用合格自來水管承裝商維修。但表前管線產權仍屬用戶所有，如因年久銹塞不堪使用，須換裝表前管線時，其費用由用戶負擔。目前新建之建築物用水設備設計，皆由

承辦該建築之建築師負責，並經北水處預審作業審查合格後據以施工；而用戶外線部分之用水設備，則由北水處各營業分處所屬專業工程人員設計。經施工完竣後，記載相關圖資即為用戶用水設備設計書。

北水處因歷經百載，又適逢戰亂更迭、大小水廠合併、組織重整、辦公室數次搬遷、給水外線的圖資交由轄區分處負責管理、施工單位為多頭馬車因橫

向聯繫不夠各自施工等因素，造成原有的圖資已有部分遺失，當初所繪製的竣工圖，且因監工的敬業程度，繪製的品質不一，致無法據以判斷套繪於管線圖。此部份圖資約一十八萬份，設計書之正面，記載申請單位、設計者、裝置地址、使用材料等，背面繪有竣工圖等，因此正反面及相關圖資均須一一掃描建檔，有的已因年代久遠（日據時代）字跡不甚清楚，有的已部分破損必須修補，且因係屬掃描所佔記憶體相當大，未來又必須一一作連結，使得可以快速查詢該項資料，實是麻煩。

(三)管線工程竣工圖

管線工程竣工後，管溝已回填，路面也恢復通行，爾後該管線辦理維護或汰換，工作人員常須找出竣工圖，以推測管線埋設情形，作為施工參考之依據。隨著歲月的成長，北水處目前輸配水管線長度已達三千多公里；竣工圖日積月累，自民國五十五年迄今也有一萬六千多張。如何在竣工圖圖庫中迅速找到所要的圖，以因應搶修工作所需？管線的汰換產生歷史檔，新舊竣工圖之間的關連性需如何建立，以因應圖面資料與現場施工不一致時，能找出舊管資料，作適當處理(如舊管應斷或已註明拆除，但現場卻仍殘留續供水)。

1.竣工圖種類

(1)透明圖(原圖) 佔 90%以上。

(2)藍曬圖

裝訂成冊 水建會第一、二、三期擴建工程。

零散 缺透明圖。

(3)從缺 輸配水管線圖上雖有註記管線資料，但缺透明圖或藍曬圖。

2.竣工圖品質

民國七十年以前，有部份竣工圖係用鉛筆繪製。

部份竣工圖繪製管線零件圖時，因字跡不清或字體太小，以致掃描圖不易辨識。

3.竣工圖保存方式

按年度及分處轄區範圍捆捲成冊後，依分處別的鐵櫃置入，如圖 3。

(四)地形圖

G I S 的資料庫包括了許多型態的地理資料，這些地理資料隱含了空間資料(spatial)及非空間資料(nonspatial)，這是 G I S 的特點，也是 G I S 與其他系統最大的不同點。由於 G I S 通常必須整合不同來源的資料，其資料型態、準確度等往往並不相同，其中地形圖的生產，依據國土資訊系統的架構應由中央單位統籌辦理，使得各地之地形數值圖檔具有一致性，並可避免各單位自行生產，形同資源浪費並可能產生圖檔無法整合，造成系統失敗。但中央自推動

G I S 已達十數年，遲遲無法將台灣各地之地形數值圖檔製作完成，以致各市縣政府必須自謀對策。臺北市地形數值圖，是由都發局先發展地形數值圖，繼而由工務局統籌督導都發局、民政局、建管處、地政處、測量大隊等單位，發展「門牌號碼位置資料供應管理系統」，並開發部分應用系統，使得位置定位查詢（地標、門牌號碼、道路名稱、道路交叉口）非常方便；兼具可任意框選範

圍作戶數統計。為維護該系統並訂定：應用系統維護作業由工務局負責；資料維護作業由都發局、民政局、建管處共同維護。至於臺北縣地形數值圖，是由臺北縣住宅及城鄉發展局所建置，因範圍甚廣，必須依地區陸續開發，內容僅為單純之數值圖，且無應用系統，對於爾後之維護與更新機制亦欠缺適當管制措施。北水處轄區範圍之地形數值圖，其內容詳表 3。



圖 3 管線工程竣工圖以前保管的方式

表 3 北水處轄區範圍地形圖數化情形

地形圖 地區		數 值 地 形 圖						
		申 請 日期	更 新 機制	維 護 單 位	數 值 圖 檔 內 容	相 關 系 統 功 能	格 式	座 標 系 統
台北市		88.1	每三 個月 更新 一次	工務局 民政局 都發局 建管處	都市計畫圖、樁 位圖、分棟線、 門牌號碼、建照 號碼、地籍圖、 地下管線數值圖 等	位 置 查 詢、定 位 及 行 政 區 里、道 路 名、戶 數 統 計	DG N	TW D67
台 北 縣	三重市	88.12	尚無 計畫	住宅及城 鄉發展局	地 形 圖、街 廓 圖、分棟線	無	DW G	TW D97
	中和 永和	89.3	"	"	"	"		
	新店市	89.11	"	"	"	"		
	汐止市	89.10	"	汐止市 公所	"	"		

3.2 現況問題與對策

發展GIS，除須先對內在環境：管線圖資作整理及通盤了解、管網改善之中長程計畫、資訊設備及網路環境改善計畫等作充分了解與配合；對於外在環境的發展亦必須投入相當的關心與了解，諸如地形數值檔的取得及未來更新維護的機制、中央單位對於國土資訊系統的相關規定、臺北市政府發展GIS的整體計畫、都市發展暨道路主管機關

發展GIS計畫的時程、其他管線單位發展GIS的經驗、國外發展類似GIS計畫的經驗等。

由於各管線單位埋設時，常便宜行事，非照規定路線埋設，各管線上下左右參差交錯，造成臺北地區之地下環境非常複雜。與日本等先進國家各管線單位均依照所分配之位置埋設而大有出入，故欲全面了解自來水管線的全線正確位置，勢難如登天。前有養工處曾於

八十二年附近利用透地雷達欲偵測出地下所有管線的正確為位置，就因上述因素而宣告終止執行。茲在建置前，就北水處的管線特性及影響數化工作進度的關鍵因子探討如下：

(一)北水處管線的特性

1.自來水管線 95%以上為加壓管，常因各單位的需要，作局部性的平移或升降。

經驗告訴我們，埋設於路面下之各管線單位其特性如下：電纜管線為無壓力，其管線位置可藉人孔來判定；雨水下水道及衛生下水道管線為重力管，其管線坡降與位置有一定規則；瓦斯管與北水處管線最為雷同，但為低壓管管徑一般在三 公厘以下。自來水管線壓力較高，管徑從一三~三六 公厘，常因現場空間不足或配合市政建設作局部性的平移或升降，以致管線位置從現場閘栓或人孔來判定，易產生錯誤。

2.系統圖以示意性為原則。

系統數化基圖精度為 1/500，圖面上差一公分現場即差五公尺，因此管線圖內的建物分棟線及供水設備如表位、管線、閘栓等，若均須測量以得出其實際所在位置之大地座標值，不僅不知要發費多少金額、多少時間才能完成，對於爾後陸續施工、移動位置等之維護工作，亦造成莫大之困惱，更何況圖資已

有部分遺失之現象。因此首要工作莫過於搶救現存的圖資。因為圖資的電腦化後，即似同任何員工均可透過系統查詢相關竣工資料，難免因此造成部份員工心生恐懼，使得圖資流失量加大。所以為大量節省經費、縮短作業時程、避免圖資流失現象惡化，以及先建置圖資自動化系統，鼓勵員工發現圖資有錯誤即可迅速回報，廣泛的進行圖資第二階段的修正工作，實為上上之策。因此第一階段的系統圖圖內之管線、閘栓、水表、分戶線等之位置，均以示意性為訴求，並把重點工作放在一些主要功能、定位的開發上。舉如圖資的自動化、系統應用功能的開發、工程相關資訊系統的連結與整合、供水設施管理及支援決策等。尤其配合北水處中長程的管網改善計畫與作業方針，可大量地藉以施工、汰換，將遺失的圖資的補齊；有錯誤不明的圖資予以修正。

但常有部分人士認為，非先普遍調查管線所在位置並作定位不可，實是落入無充分考量現地環境因素，作因地權宜措施改變之陷阱。更何況圖資自動化建置完成後，最影響其永續經營之作業流程與管制制度方是此部份最重要的事。為彌補上述的缺憾，可訂定供水設施現場資料回報制度，利用各施工單位現場施工開挖之際，將管線之正確位置

繪製成回報單，以供事後據以修正管線圖。

3. 利用全球衛星定位系統（GPS）將位處偏僻地區的重要供水設備及閘栓予以定位。

雖然 GPS 可將供水管線設備，定位在以地球為體系的絕對座標系統上，再透過回位系統，即可快速找出設備所在，但是 GPS 常受地面上建築物、樹木、遮雨棚等影響，而無法找到四顆衛星以上始可精確定位，因此必須常利用傳統的測量方式加以輔助，其費用高且作業費時。因此，建置初期應將 GPS 發揮在位處偏僻地區的重要供水設備及閘栓，且隨著高科技的快速發展，將來對於目前所現存的弊病或許可能迎刃而解。

（二）影響數化工作進度的關鍵因子

數化係系統建置初期的核心作業，然最影響數化作業進度的關鍵因子有四：

1. 地形數值圖檔的取得與整合：

北水處轄區範圍內，臺北市政府與臺北縣政府均已將地形圖數值化，但目前諸多問題如下：圖檔格式不同（.DGN 與 .DWG）；內容不同；範圍大小不同（同樣是一張 1/1000 圖，北市是 800*600 公分；北縣是 500*500 公分）；1/1000 分成四張 1/500，北市是順時針方向，而

北縣是逆時針方向。

2. 管線清查套繪：

從 1/500 給水管線圖製作迄今，發現北市已十數年，北縣約六年，均未辦理更新。因此，所須更新的數量極為龐大。因為必須一一找出尚未套繪的用戶用水設備設計書、管線竣工圖及其相關閘栓等資料，在最新的地形圖上作修繪的動作。為考慮作業時程之縮短，應分批委外辦理。

3. 給水管線圖上所註記的水號、用戶住址必須與用戶用水設備設計書一一核對：

為使查詢更為便利，系統必須對於每一用戶的地址、水號及用戶用水設備設計書均作到連結的功能，使用者方能利用地址或水號查詢用戶的用水設備設計書，進一步了解用戶的給水外線埋設情形，此對於便民與修漏非常有幫助。但因為系統圖上的水號須一筆一筆地鍵入，又必須核對設計書與現今地址與水號的關係，而常常會遇到地址已更名、建物已拆除、水號重複使用（80 年以前水號可因建物拆除移到他處重複使用）等問題，最是浪費大量的人工作業時間，其無法即時解決的部分，理應不少。

4. 制水閘與消防栓現場清查及繪製圖卡：

由於數量多且分佈廣，維護實不容

易，又常因路面加鋪或其他單位施工而遭埋沒；本處早期閘栓圖卡又未隨台北市縣的都市發展，地形資料的變更，而適時地加以校正更新，因日積月累，已使得本處目前閘栓位置不明或錯誤的比率偏高。但管網上所設置的閘栓，在供水管網系統的施工管理、災害管理、管網調配及系統的維護上，所扮演的角色極為重要。

(三)配合台北市政府地理資訊系統之推動

依據市府八十八年十月廿日研商「台北市政府地理圖形資料格式之轉換標準」會議紀錄之討論事項第四項：「本府各單位目前大部份採用 Microstation 繪圖軟體 DGN 格式為主，請各單位往後若建置地理資訊系統時，儘可能配合本府現有格式處理。由於市府工務局所開發之「門牌號碼資料位置供應管理系統」(以 Microstation 開發)，已整合都發局之數值地形圖檔、都市計畫圖、樁位圖；民政局之門牌號碼；建管處之建物套繪、建照號碼；地政處之地籍圖；養工處之地下管線數值圖等。市府地理資訊推動小組復於 88.8.20 第四次會議決議：應用系統維護作業部分由工務局辦理；資料維護作業由民政局、都發局、建管處共同維護。因此該系統之維護更新作業已各有所司，北水處若配合採用

該系統，對於爾後地形、門牌號碼等之更新已毋庸操心，均可藉由上述機關合作維護機制，以資料共享方式取得最新的數化圖資。

3.3 系統圖資

系統內所含圖資可分四大部分：

1.地形數值圖：以比例尺精度 1/1000 為基礎，將事業處所轄範圍約 434 平方公里，涵蓋臺北市及台北縣三重、中和、永和、新店與汐止市七個里，內有都市計畫道路及巷弄名稱、街廓、門牌號碼、等高線、分戶線、樓層、地標、地籍圖等。

2.管線數值圖：管線包括原水、清水、輸配水、給水管線、溫泉管線，管線長度合計約七千公里；供水設備包括各種閘類、消防栓、加壓站、配水池、淨水場、RTU(遠端監視設備)、水表表位、生飲點、溫泉湯櫃、水號註記、管線材質及竣工日期註記等

3.供水管線與設備細部圖資：細部圖資分掃描圖、CAD 圖及其屬性資料二部分，前者包括竣工圖、場站、用戶用水設備設計書、重要供水設施；後者包括閘類圖卡、消防栓圖卡、供水設施現場資料回報單、水質資料等。

4.用戶水費資料：用戶水號、地址、用水量、用水種別、使用口徑、用戶名稱等可從圖上任意框選一範圍，迅速查

出用戶各項資料檔，了解與分析該地區用戶用水情形，以作為管網分析之用。

3.4 系統查詢功能

1. 利用定位功能，輸入地標、地址、門牌號碼、道路名稱、重要供水設備、1/1000 圖號、閘類編號、栓標號、水號、生飲點等如圖 4，即可迅速定位至所要查詢的確實空間位置，並自動將地形資料呈現出來；繼而點選管線圖資下載，可將有關自來水供水設施及管線設備之圖資下載，如圖 5。此時，可因使用者之不同需求，開啟或關閉部分圖層。每

一次下載圖資，係下載每一張 1/1000 圖號內之圖資。

但若以重要供水設備（包含淨水場、加壓站、配水池、遠端監視點、重要水管橋等）閘類編號、栓標號、水號、生飲點等點選時，系統會自動下載所在位置圖號內之所有管線設備，以便利操作及查詢。圖上各管線均已註明口徑、材質及埋設日期；巷弄道路名稱；門牌號碼、樓層數；水表位置、用戶水號等資料。

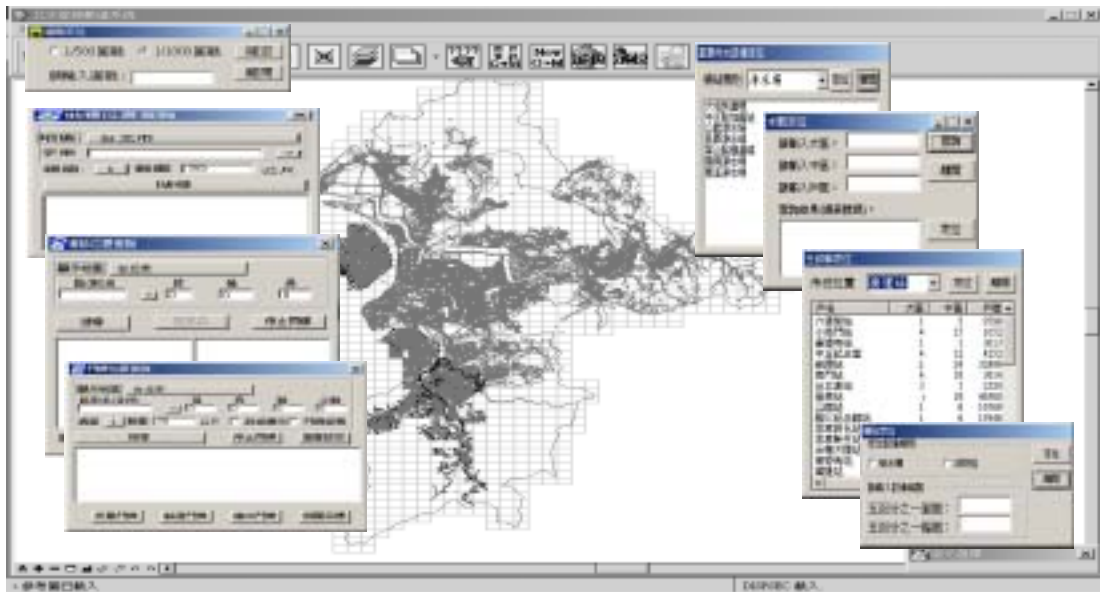


圖 4 多種定位方法

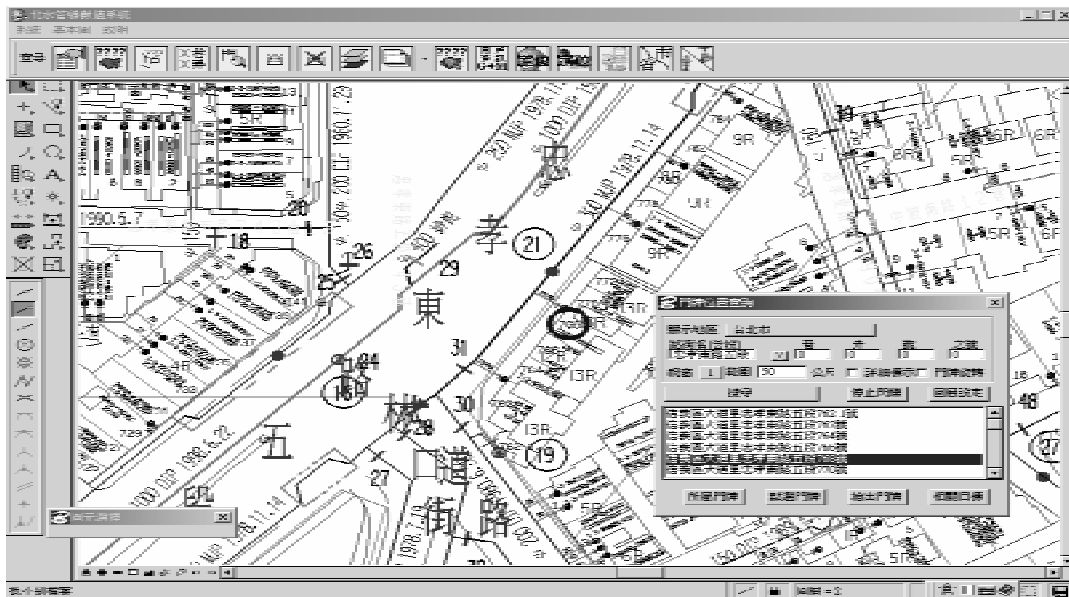


圖 5 顯示所欲查詢位置的管線圖

2.可進一步查詢管線設備(竣工圖、閘類、消防栓、生飲臺、用戶用水設備設計書、供水設施現場資料回報單等)之基本資料、工程資料及維護資料，並查詢竣工細部圖資，如圖 6。



圖 6 查詢竣工圖資

3.查詢閘栓等設備維護資料：可查出閘栓等設備逐筆之維護資料，可知道何人於何時作了何種維護的工作，如圖 7。

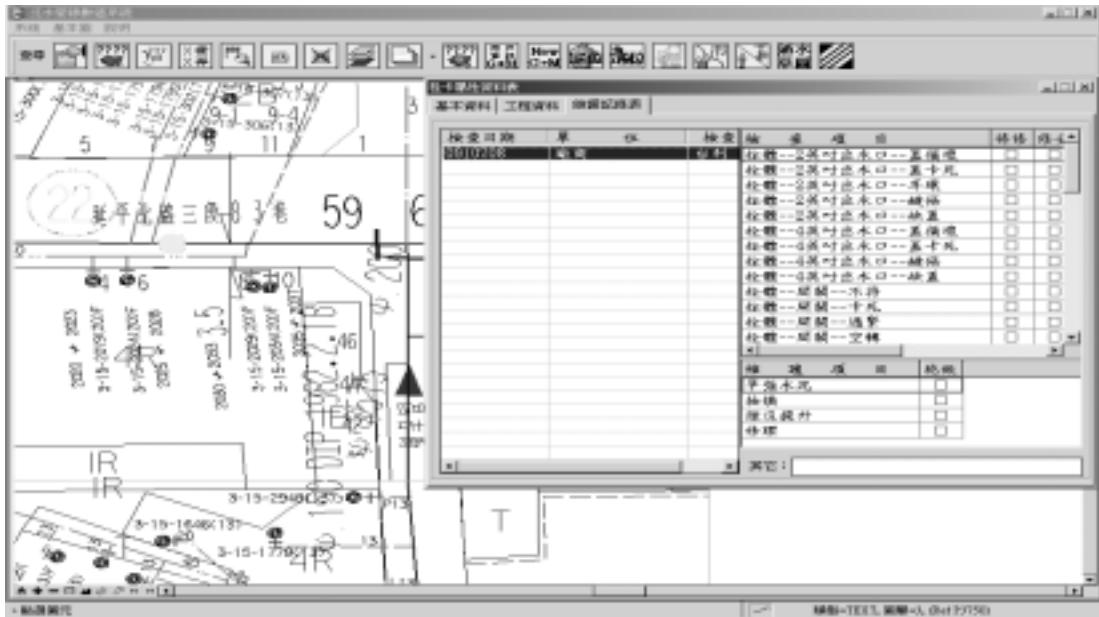


圖 7 查詢閘栓設備維護資訊

4.查詢供水設施現場回報資料，可從圖上知道管線在現場的正確位置與深度，如圖 8。

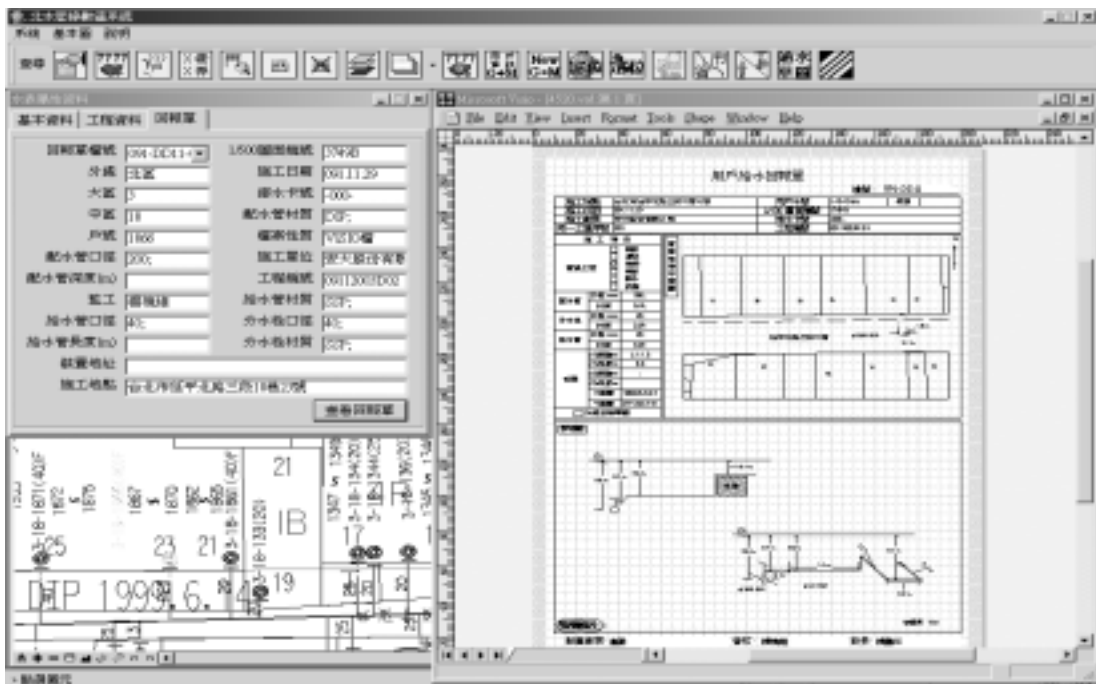


圖 8 查詢管線設備回報單



圖 10 多邊形圍籬查詢設備資訊

在表內地點按二下即可快速查詢所在圖面的位置，如圖 11。



圖 11 由表查圖得知設備所在位置

利用追蹤 (tracing) 功能，可追蹤施工位置須關閉之閥類位置及統計分析停止供水之用戶情形，如圖 12。



圖 12 施工停水時可追蹤相關閥類及停水用戶

3.查詢衛生下水道用戶及污水管線埋設位置

衛工處辦理防火巷用戶接管工程，規定為便利施工，防火巷必須暢通，相關之違建一律拆除。以往北水處理在防火巷之給水外線甚難施工抽換，可利用本系統針對防火巷已打通部分之老舊水管訂定管線抽換計畫，如圖 13。



圖 13

四、管網圖資現況及改進對策

4.1 系統圖資問題

1. 圖資的準確性及維護：

北水處雖已建立自來水地理資訊系統，將轄區內基本地形圖資與管線歷史資訊作整合，並開發應用系統可查詢、統計及分析之用。但 Garbage In, Garbage Out，北水處因歷經百載，又適逢戰亂更迭、大小水廠合併、組織重整、辦公室數次搬遷、給水外線的圖資交由轄區分處負責管理、施工單位為多頭馬車因橫向聯繫不夠各自施工等因素，造成原有的圖資已有部分遺失，當初所繪製的竣工圖，且因監工的敬業程度，繪製的品質不一，致無法據以判斷套繪於管線圖。

為建立正確的圖資，除須針對圖資目前的既有問題，利用管線汰換及維修的機會重新建立外，對於圖資的產生及可能的變動來源更須建立維護機制，使作業流程導入正軌；開發系統持續管制及校核。其中攸關管線圖套繪的即時性 - 地形數值圖檔，則有賴地形資料的生產單位 - 都市發展局等能儘速更新，北水處方可利用自來水地理資訊系統，將正確的管線套繪在地圖上。目前台北市政府已對工務局所開發之「門牌號碼資料位置供應管理系統」，明訂應用系統維護作業部分由工務局辦理；資料維護部

分由民政局、都發局、建管處共同維護。因此臺北市的地形數值圖及門牌號碼之更新已毋庸操心。但台北縣部分則否，其數值地形圖係以 AutoCad 繪置，內容無門牌號碼、巷弄名稱、樓層；圖層無土地使用分區、地籍圖等，且無應用系統可供查詢及統計，又沒有成立類似台北市政府之專責分工體制，亦欠缺圖資維護更新機制，這對於該地區圖資之正常維護工作影響至鉅。

由於管線絕大部分都埋在地面下，道路上目視所見的供水設備僅有制水閘及消防栓，其功能為司掌管網流量之管理與調控配水量。經查目前約有 30% 因埋沒尚待釐清，是否故障或是存在與否，此對於管線清理體系之建立，佔有極大的重要性，因此制水閘與消防栓之全面清查必須儘速辦理。

2. 門牌號碼及水費地址資料庫的整合：

北水處發展水費系統已十數年，發展初期其所鍵入的水費地址不分路、段、巷、弄，為一連接的長字串，數字部分有的是半形、全形；或是國字、阿拉伯數字，並不像工務局最近才發展完成的門牌號碼，依照民政局或是工務體系有一定的標準格式，因此二個資料庫在比對時會發現諸多遺漏；又因北水處收費之需要，常有無門牌號碼但有水費（如市場攤販、公廁等），因此為求收費

無有遺漏，當解決歷年所存之困境，將有門牌號碼的部分，依工務局及民政局之規格予以標準化；無門牌號碼的部分，另建業務導向資料庫。惟北縣部分仍未跟隨北市做法，將轄區內之門牌號碼作好普查及數化工作。

4.2 管網現況

為了解轄區管網中目前所存在之問題，目前作業方式係以每張 1/1000 圖號為作業單元，利用 GIS 下載北水處相關圖資與衛工處 91 年度(含)以前已完工之管線圖；逐張出圖，經圖面檢視後，標誌初步認定欲施作之地點與計畫埋設之管線口徑與管種，並填寫相關資料作成表單，逐一訂定管線汰換優先順序，以期整合人力、財力與廠商施工之能量，發揮整體運作之功效，以提高管線汰換之效率與效益，使管網不良的問題得以改善。目前所發現之問題點如下：

1.位在防火巷之給水外線，以前未適時配合改善

八十三年度以後，衛工處辦理防火巷用戶接管工程，規定為便利施工，防火巷必須暢通，有關之違建一律拆除。查民國 65 年以前，北水處給水外線可由防火巷進入，埋設完妥後，許多用戶在防火巷搭設違建，致埋設於防火巷之自來水管線既難維修，又無法汰換，形成漏水、竊水問題，也容易造成錯接污染。

雖理應配合衛工處辦理是項工程之便，辦理管線汰換，惟發現歷年改管成效不彰，致使位在防火巷之舊管，無法得以適時改善。

2.同一巷道給水管紛陳

水管越多，漏水的可能性就越高與越多。為消弭同一巷道多條給水管現象，以減少漏水機率，北水處於民國 77 年起規定，用戶申請埋設給水管之巷道若無配水管者，即同時配合整理巷道原有給水管，重新埋設較大口徑配水管；惟目前同一巷道多條給水管併置現象仍然存在，甚有同一巷道有二十條給水管之現象。

3.同一巷道已埋設配水管，卻未見將附近之給水外線作就近改接之動作，致使舊有之給水外線仍漫漫長存。

4.同一巷道埋設二條以上之配水管

巷道不寬，卻存有二條以上之配水管，其現象殊難理解。就其發生之可能原因，係北水處施工單位有修漏股、給水股及工程總隊，由於竣工資料未及時更新，施工及設計單位橫向聯繫又不夠，以致多頭馬車各自為政所致。

5.前施工者於路口預留管線，後來施工者卻另埋設之

於檢視管線圖時，常發現於路口處，配水管線雜陳埋設。就其緣由，可能是先前已有施工單位已施作預留管

線，後來施工者或是便宜行事或是地下管線參差埋設以致無適當空間可作銜接，惜因量偏多，造成日後維護不便，圖資易滋生錯誤與現場施工誤判。如路口管線整理後，已無存在作用之制水閘，卻仍殘留並用管塞塞住，就其緣由係因為便利施工，可免大費周章之工事，從丁字管斷管將無用之制水閘拆除，而改用管塞在制水閘之後封閉。

6. 圖面資料有疑點，須待進一步清查

圖面上之管線資料存有疑點，依施工之經驗，其正確性有待進一步蒐集相關資料或進行現場開挖方足以確認其正確性。如管線無尾無頭或於銜接處顯然不合理，此在捷運車站附近，因位處地下管線複雜，當初有多單位作多次配合改管，以致圖資之版次多版，改來改去又因竣工日期無以據判其先後施工順序，導致圖資之正確性堪慮。

7. 圖面資料有明顯錯誤，須由圖資數位化權責單位修正

於圖上依常理判斷，供水設備埋設情形顯然有誤，如地上式消防栓位於道路中間；管末端有的有用管塞表示有的沒有，其表示方式應具一致性。

8. 圖面資料缺管線材質、竣工日期等

北水處因歷經百載，適逢戰亂更迭、大小水廠合併及組織重整，原有圖資經查已有部分遺失，圖上雖有註記口

徑，卻無詳細圖資可供參考，據以了解管線材質及竣工日期，以致資料庫在作相關資料統計時易生錯誤。

4.3 應用管網改善工程之改善對策

以往曾持續對管線汰換投入相當經費，但都以配水管線埋設為主，兼勸導水表位在屋後或管線位在防火巷之用戶，將給水設備改至屋前。但因該用戶配合將給水設備改至屋前之配合度不佳，以致位在防火巷之給水外線拆除者甚少；同一巷道多條給水管合併整理抽換配水管，並予就近改接之成果不彰；圖面資料因更新速度太慢、橫向聯繫不足，以致設計及施工單位盲目新設管線。由於不良管線汰換整理結果不佳，造成管線越埋越多，漏水地點增多。

經統計以往漏水資料，顯示給水外線漏水件數佔所有漏水件數之 92%，實為漏水大宗。未來如將重點置於汰換給水外線，並優先汰換鉛管及鍍鋅鐵管，既可產生較大效益，亦能確保水質，避免紅水現象。為確保管線汰換成效，以降低漏水，首須整理給水外線，降低給水外線總長度，並以配水管線抽換為輔。其作法如下：

1. 消弭同一巷道多條給水管現象，使給水外線均能就近裝接予給、配水管。
2. 積極配合衛工處及養工處之年度計畫工程，辦理防火巷表位遷移及管線汰

換作業。

- 3.整理同一巷道多條配水管現象，使供水管線單純化，以利維修及降低漏水。
- 4.考慮管網水壓及供水狀態，將配水管應連成管網部分作聯絡，以消弭不應存在之管末端，除可確保水質、穩定水壓外，亦可減少維護操作排水之成本。
- 5.利用 GIS（自來水地理資訊系統）導入修漏點所在位置資料，據以判斷抽換不良之配水管線。
- 6.依分處實務經驗抽換已屆年限或不良管材（CIP、MJP）之配水管線。
- 7.亟須迫切解決供水有問題的地點。

五、結論與建議

5.1 結論

(一)自來水地理資訊系統的建立，是一件需要長期投入大量人力與經費的重要工作，必須以永續經營理念作基礎，配合「國土資訊系統」架構，充份考量圖資特性、系統現在需求與未來擴充性。配合臺北市政府地理資訊系統整體發展趨勢，以發揮整體效益與功能。應充分掌握相關權責單位有關地形數值圖檔之產生與更新，可節省大量基礎地形圖之建置經費，並可加速完成系統之建置。

(二)圖資之數化，占初期建置經費百分之五十以上，應充分蒐集欲數化之圖資，加以分析了解。對最影響數化作業進度的關鍵因子：地形數值圖檔的取得與整合、管線清查套繪、水號與用戶住址及相關圖資之核對、閘栓現場清查及修繪等，必須訂定配套執行措施與進度管制。

(三)應充分考量系統功能，管線之特性與存在之時空特徵，諸如：臺北地區之地下管線常參差交錯埋設，欲先全面與全線探測自來水管線正確位置再作數化，實務是不可行的。且北水處因歷經百載，又適逢戰亂更迭、大小水廠合併、組織重整、辦公室數次搬遷等因素，造成圖資已部分流失。因此系統初期建置宜以基本及迫切需求為主，並應以圖資永續經營管理為目標，畢竟資料是整個系統運作的核心。

(四)GIS資料運用的層次，可概分為六個使用層次。北水處目前循序漸進，業已完成第四個層次：圖資自動化與供水設備統計與初階管理。如何邁入第六個層次 - 綜合性決策支援，首須提高圖資之正確性與可靠度，再引進最先進與適用之高階GIS工具。

(五)為導入系統提供同仁廣泛使用，以

利儘速發現圖資錯誤的地方，加速圖資修正的深度與廣度，此階段宜以較為便宜，屬於 CAD 層級加工運用之軟體為主。其重點工作就是教育同仁接觸與使用 GIS、建立圖資維護機制、共同使用唯一一套之圖資、據以設計與積極投入參予圖資修繪工作等。

(六)由於電腦科技進步神速，如果第一階段建置時間過長，亦容易造成未建置完妥，系統已遭淘汰，所以各單位建置 GIS 無不誠惶誠恐。除須考慮需求外，建置經費、時程與適當人員之投入、國內外相關技術之進步情形等，均須非常關注。GIS 相關軟體眾多，有的注重大面積的位相分如 ESRI；有的係以 CAD 觀念來發展如 Microstation、Autodesk MAP 等。有的一套須近千萬元；有的只須十七萬元，當然其中配套之功能相差甚多，但是用到的程度又有多少。如何以低花費且達到現階段之所須，實為最重要之課題。最近新一代地理資訊系統正逐漸成形，對於以往以圖檔來作管理，使功能受到諸多限制已略具改善。

(七)圖資是系統的生命，圖資的整理與正確性，是 GIS 系統成功運用的

最基礎工作與生命是否能延續的最重要關鍵，是系統能否往更高層次發展的最重要依據。但系統建置完成後，隨著每日工程單位的施工與維護，圖資必須經常配合作修正。

(八)雖有系統，但同時也造成同仁很大的壓力與調適問題，反對與排斥之聲自然四起，更何況系統一開始其功能常無法滿足需求，必須稍作修改與追加。教育訓練雖已配合辦理，但同仁常因忙於公務，無暇作充分練習與使用。此時，端賴首長能強力支持以共渡難關。此情形不僅北水處會發生，國內外相關情形亦屢見不鮮。問題的發生並不可怕，面對問題的態度與決心才是系統成敗的關鍵。

(九)自來水從業人員，尤其是工程單位人員，均能深刻體認到維護圖資的正確性，是每個人的責任與義務。這對於圖資發現錯誤的回報、工程施作當時對於圖資繪製自我要求精確度的提高、日常維護工作能確實作好維護事項之填寫與發現問題之反應，都對同仁之工作態度作很大的衝擊，但卻是北水處永續經營、提高工程管理效率與效益，必須面對的嚴肅問題。

(十)利用 GIS 作資料之統計分析，訂定

管線汰換優先順序，以突顯工作效益；快速轉圖供設計用之基圖；便利繪製竣工圖及相關閥栓圖卡；統一所有施工單位只有同一張基圖，大幅降低重複設計或施工之可能性，也使得圖資之更新為同步化，可避免不必要之誤解。

5.2 建議

(一)北水處為改善漏水及加速老舊管線之汰換工作，業已計劃自九十二年至九十五年止，自籌財源執行「管網改善中程計畫」，總工程費為二十五億二千萬元，預定汰換管線二二公里、汰換制水閥二、四只及漏水檢測一二、公里。建議優先消弭同一巷道多條給水管現象，使給水外線均能就近裝接予給、配水管；整理同一巷道多條配水管現象，使供水管線單純化；積極配合衛工處及養工處之年度計畫工程，辦理防火巷表位遷移及管線汰換作業等，以利管線維修及確保圖資正確，並收到大幅降低漏水可能性之功效。此時，應積極導入發揮 GIS 及相關工程管理系統之功效，並即時收取管線現場正確位置之訊息，修繪圖資系統。至於圖面資料有疑點，須待進一步清查或須進行現場開挖方足以確認其正確性

者，應造冊列管，委請轄區分處查明回報作適當修正。

(二)閥栓埋沒的比率仍然偏高約達三成，對尚未繪製閥栓圖卡的部分，應予以造冊列管追蹤；現場發現管線圖之閥栓位置不正確處，應積極向圖資單位反應速作修正。雖然北水處針對口徑三 公厘以上之制水閥有訂定閥類檢查維護計畫，且閥栓檢點系統亦以建置完成，惟閥栓之新設、操作與維護，均須納入系統處理，建議如下：

- 1.積極建立派工制度：無論是委外之維護、工程之施作與操作、管網調配用水等，凡動到管網之制水閥就須依該系統列印維護紀錄表與圖卡。此時，將會發現原閥栓圖庫內，有部分無圖卡，因此必須在現場針對無圖卡部分繪製新圖卡；至於有圖卡部分，則必須作現場位置核對，並對操作與維護情形留下紀錄。其結果均須即時鍵入系統，終由圖資專責人員管理與抽查。
- 2.為方便出圖起見，應於管線數值系統內增加任意框選範圍，即可將範圍內之制水閥或消防栓列印出來。
- 3.施工單位或管網調配人員發現閥栓設備有損壞或積水等情事，可於系統鍵入問題後，即可自動拋轉問題

單至維護單位，啟動辦公室自動化系統，迅速派工作維修。此時，圖資專責單位亦收到問題單，並進行問題處理進度之追蹤。

4. 由於消防栓之設置屬北水處權責，其維護卻屬消防單位之權責。為此，北水處特別為消防單位建立報修子系統，惟目前利用情形不佳，由於是跨機關行事，難免較為困難，建請與消防局再溝通多作教育訓練。
- (三)用戶用水設備設計書提供了用戶用水設備及給水外線等相關圖資，但隨著配水管線的更新、抽換，或予以就近改接等施工，而改變了原有的接水點等資訊，必須作圖資更新，系統須提供版次的功能，將最新的狀態呈現，並保留舊版在另一個圖庫。

(四)可先利用資訊系統之統計功能，分析區塊管線之體質，對於區塊內配水管管線材質屬球狀石墨延性鑄鐵管(DIP)，若過低者應積極辦理管線抽換。

(五)北水處直接用水戶及總表用水戶數合計約 36 萬戶，針對其給水外線為非不鏽鋼管者辦理抽換為不鏽鋼管，這對於給水外線漏水將有莫大的改善。

(六)由國外文獻，積極辦理小區計量是改善漏水的有效對策。未來數年北水處之轄區將切割約 600 多塊小區，對於區塊體質之判斷可藉助上述方法作統計分析，並擷取歷年之修漏資訊，針對每一個巷道作細部分析，當可明確斷定哪一個巷道必須作優先抽換，以利儘速提昇改善成果。

小區檢測利用夜間最小流量判斷漏水量

朱撼湘*

一、前言

為有效提升售水率，本研究蒐集研究國外執行小區檢測經驗，引進以夜間最小流量判斷小區漏水程度之方法，於民國 92 年底在台北縣三重市忠孝路三段、三民街、中華路與中山路所圍成之區域進行試辦。希望藉由實際量測分析夜間最小流量，研判小區漏水程度及區域，進行檢測修漏後，評估改善成效，確認本方法之可行性，並了解執行過程之困難，探討可行對策。

執行結果，該小區經採用本方法進行改善後，未計費水量降低 200CMD，售水率提升 11.8%，茲將本研究使用之方法 執行過程 結果及經驗分述如后。

二、小區檢測之目的與方法

2.1 小區檢測方法

小區檢測方法主要可分為兩類：

1. 小區測漏(Waste metering)

方式：封閉區域為暫時性獨立供水區，使用流量計銜接區內及區外消防管，記錄流進小區內之瞬間流量。依是否關閉用戶止水栓，分為直接法及

間接法。

區域大小：管線 2km，或用戶數 1000~3000 戶。

目的：量測夜間最小流量，推估近似漏水量。

優點：作業時間短，即時評估漏水程度，所需費用不高。

缺點：檢測區域小，易受制水閥短缺或故障而無法執行，如採直接法，須關閉區內用戶制水閥，所需人力高。

2. 分區計量(District Metering Areas)

方式：劃分永久獨立供水分區，設置窰井及流量計，量測記錄累積流量，配合抄用戶表，得知售水率，可併同量測瞬間流量，分析夜間最小流量

大小：用戶數 2000~5000 戶。

目的：依據售水率或夜間最小流量與日平均流量比值之高低，判斷漏水程度。

優點：分區計量採抄表方式，所得之售水率準確性較高。採夜間流量分析，所需人力少，費用低，且短時間即可

*臺北自來水事業處工程總隊 幫工程司

分析漏水程度。

缺點：分區計量採抄表方式，所需抄表人力多，作業時間長，檢測區域大時，抄表與流量計量測期間差異大，售水率計算有誤差。採夜間流量分析，易因區內用戶蓄水池進水，影響分析結果。

2.2 小區檢測在國內外使用之經驗

1. 國外：

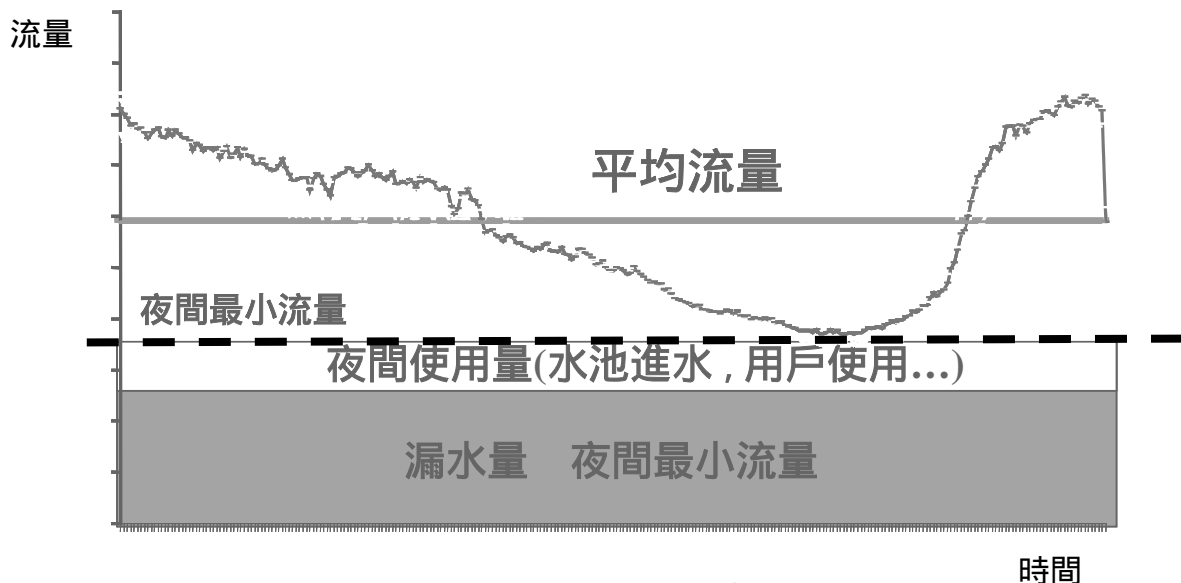
日本東京都設置 3838 個小區(每小區 2.5KM*2.5KM)，巡迴進行檢測修漏。澳洲國營 ACTEW 公司，在斐濟採用小區檢測技術，進行漏水改善服務。英國 Hyder 顧問公司，於英國 Welsh 水公司供水區內，劃分 53 個小區，進行未計費水量改善服務。

2. 國內：

台灣省自來水公司於 76 年起於宜蘭郊區規劃數個小區，使用超音波流量計，進行小區檢測。台北自來水事業處曾於 89 年於三重委外進行小區檢測，劃分 129 個小區(配水管 2KM)，使用流量計連接消防栓計量，並關閉用戶表止水栓，結果 101 個小區無法斷水，26 個小區經過檢修後，夜間最小流量仍高於容許量(2CMH/KM)，2 個小區低於容許量。

2.3 小區劃分原則

1. 用戶數：2000~5000 戶。
2. 地理條件：區域邊界鄰近河流、幹道，進出區域管線少。
3. 水壓水量：區域劃分後，區內水量水壓足夠，區外供水不受影響。



圖一 夜間最小流量示意圖

4.操作管理：區域劃分後，便於操作管理。

2.4 夜間最小流量(Minimum Nighttime Flow, MNF)意義

利用流量計量測記錄時間及流入獨立小區之瞬間流量，以 X 軸為時間，Y 軸為流量，可繪製成如圖一之瞬間流量曲線。累積一日之瞬間流量即為小區日平均配水量，在深夜用戶用水少，會測得瞬間流量最小值，此即為夜間最小流量，若夜間最小流量發生時間，恰發生在無人用水或蓄水池進水時，則該流量可視漏水量。

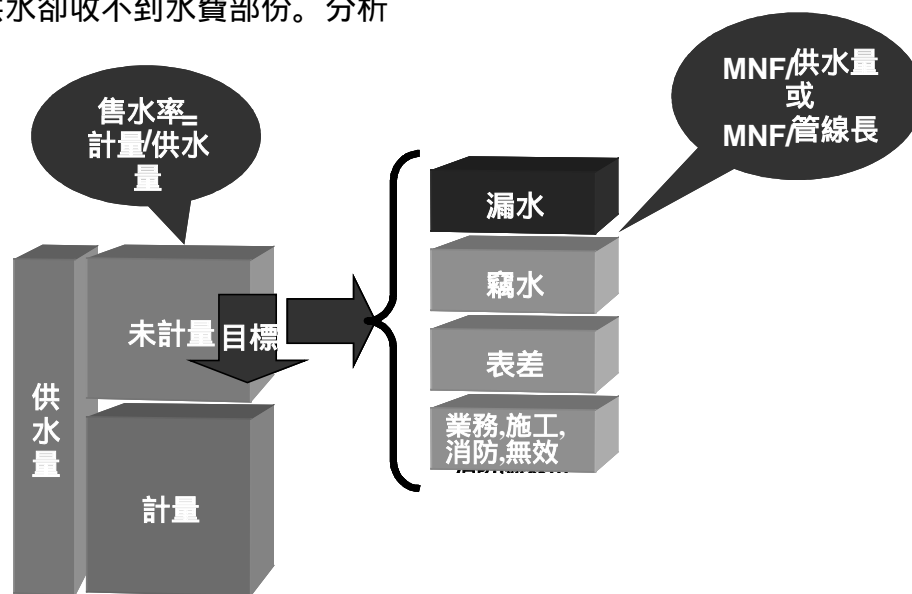
2.5 如何以夜間最小流量判斷漏水量與位置

小區供水量可分為兩部分，其一計費水量，即收得到水費部份，其二為未計費水量，為供水量減去計費水量，簡言之就是供水卻收不到水費部份。分析


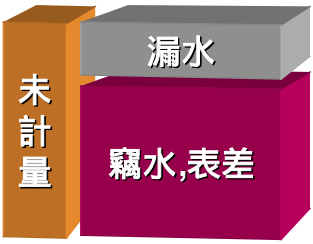
未計費水量發生原因包括漏水、竊水、表差等，如圖二所示。為評估未計費原因，乃設定二項指標，其一售水率，售水率低時，就表示需要檢討未計費水量偏高之問題。其二為為夜間最小流量與供水量(或管線長)之比值，夜間最小流量發生在夜間大部分人都在睡覺未用水時，如仍流量進出，其原因很可能是漏水，故夜間最小流量可視為漏水率高低的指標。依據前述分析，可訂出評估未計費水量原因之原則，如圖三所示：

(1)當售水率低且夜間最小流量與供水量(或管線長)比值大時，可判斷漏水即是未計費水量之主因。

(2)如果當售水率低且夜間最小流量與供水量(或管線長)比值小時，可判斷漏水以外之表差、竊水等才是未計費水量之主因。



圖二 供水量分析圖

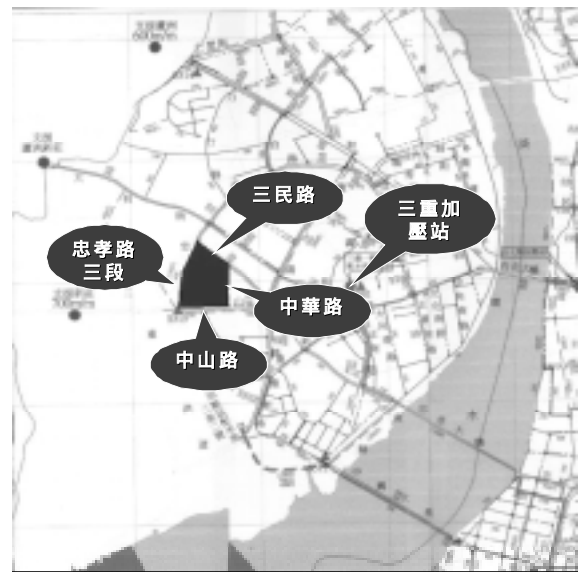
	
<p>與作息無關</p>	<p>與作息有關</p>
<p>售水率低 MNF/供水量大 MNF/管線長大</p>	<p>售水率低 MNF/進水量小 MNF/管線長小</p>

圖三 未計量分析圖

三、小區檢測實際執行成果

3.1 檢測位置

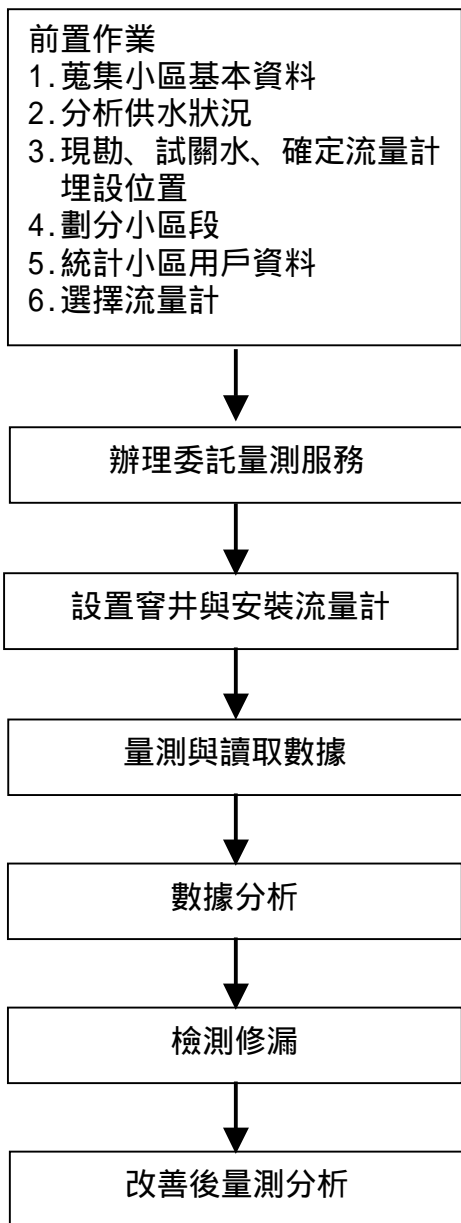
本次小區檢測位置選擇於台北縣三重市三民路以南、中華路以西、中山路以北及忠孝路三段以東所圍成之區域，如圖四。選擇本區域原因，其一，考量三重地區之未計費水量偏高；其二，小區容易分割，由管線圖資研判，本區域西側及南側之管線均已與區外管線自然分割，無需關閉制水閥，其餘制水閥，依據以往資料，亦可確實關閉；最後，考量區內用戶數(初估 2000 戶)，符合研究需求。



圖四 三重小區位置圖

3.2 執行步驟

本案執行步驟如下：

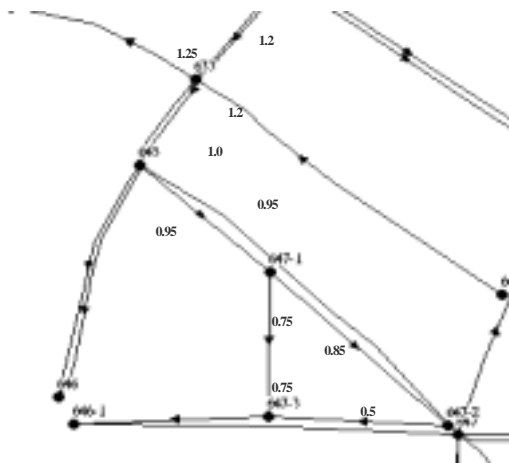


3.3 前置作業

1. 蒐集小區基本資料

包括小區管線資料、閘栓位置、住戶性質，發函管線單位套繪其他單位管

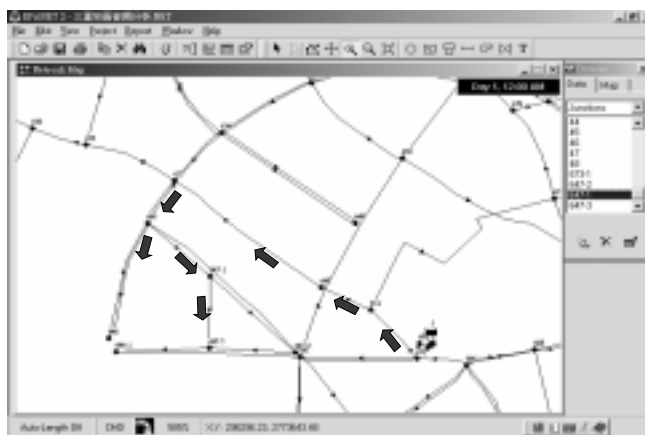
線位置，量測小區周圍水壓資料(量測結果如圖五)。



圖五 三重小區水壓調查結果

2. 分析供水狀況

使用 EPANET 水利分析軟體，分析區域供水狀況，研判小區進水點，及區域劃分後，是否會影響區域供水。根據分析結果(如圖六)，供水來源主要來自小區西北側，且區域劃分，並不會影響區外供水，適合長期觀測分析。



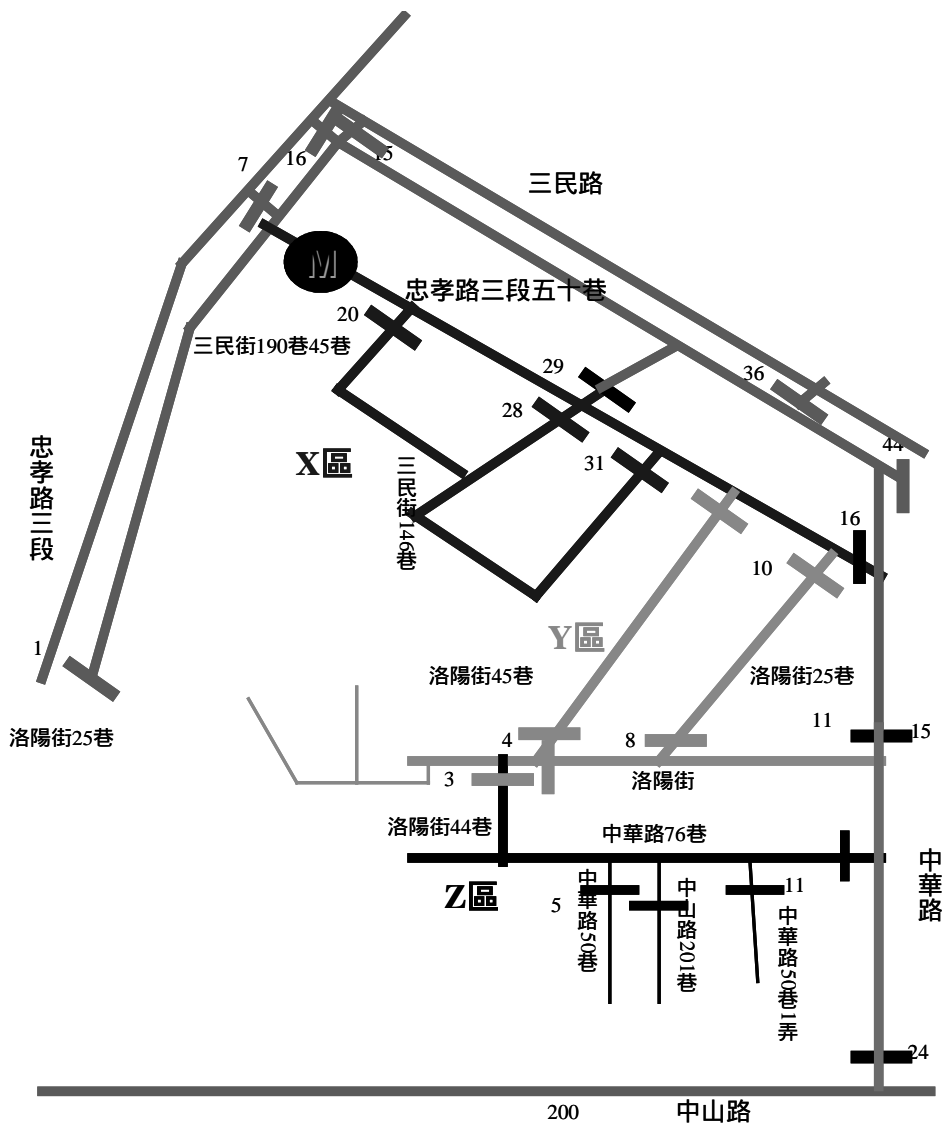
圖六 三重小區供水分析

3.現勘、試關水、確定流量計埋設位置

現勘重點首先要確認圖資資料是否正確，再測試小區能否確實封閉，其方法為關閉分隔區內及區外所有制水閘後，打開區內消防消，如果無水即可確認小區已經封閉，此為小區檢測成功與否之首要因素。一般常見小區無法封閉

因素包括：制水閘埋沒、制水閘失效、關閉制水閘會影響區外供水或區內有圖資未載明之管線連接至區外。因應對策包括：修復、新增制水閘，或調整檢測區域範圍。

其次，確認計畫埋設流量計位置，窰井能否埋設。一般常見無法埋設窰井



圖七 三重小區檢測區域劃分

原因包括：窰井埋設區域與其他管線相衝突，無法申請路證，檢測箱設置位置問題等。因應對策包括：調整檢測區域範圍，協調管線遷移，與週邊住家協商設置檢測箱等。

本案於現勘後發現原規劃設置流量計位置於大馬路側，下方管線密佈，埋設窰井恐有困難，經重新檢討後，調整檢測區域，並將流量計窰井移至巷內埋設，於小區西北側進水點處設置一處流量計，其餘與區外交界之三處制水閥必須關閉，如圖七。

4.劃分小區段

為能找出漏水可能發生之位置，本案將檢測區域再劃分為 X、Y、Z 三個小區段(如圖七)，以分析比較三個小區段量測結果，研判漏水問題最嚴重之區域進行改善，以提高改善效益。

5.統計小區用戶資料

經由圖資系統及水費收費系統，統計本案小區用戶數計 2025 戶，抄表用水量平均 1172CMD，用戶性質為住商混合區，用戶總表有 313 個，管線長約 2099m。管材為民國 75~80 年埋設之 DIP 管。其他各小區段詳細資料如下：

	X	Y	Z
戶數	665	724	636
總表數	108	104	101
管線長度(m)	745	670	684

6.選擇流量計

選擇流量計時應考慮下列因素：

(1)型式

一般流量計僅能顯示某一時間點之累計流量，為能分析夜間最小流量，必需能夠記錄時間與累計流量的流量計，方能換算出瞬間流量大小，因此在選擇流量計形式時考量因素包括：具有記錄器可儲存流量資料，具有一定之準確性，成本不高，可記錄正、反流向。

一般採用流量計形式為超音波流量計或電子式附記錄器流量計，本案考量超音波流量計屬間接量測，故管材材質均一性、真圓度，以及安裝設備者之技術，對量測準確性影響很大，故本案採用附加記錄器之電子流量計。

(2)大小

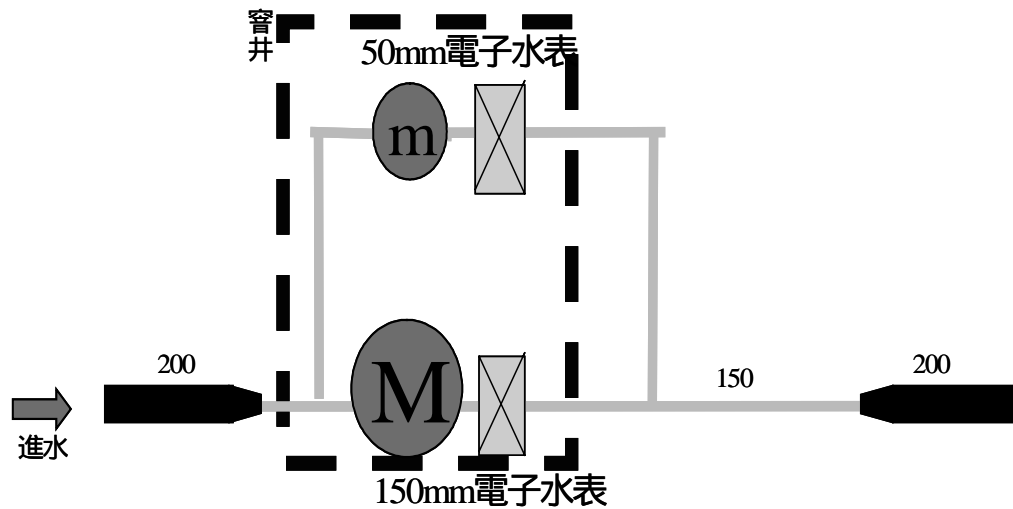
選擇流量計口徑大小時，應先預估最小區段之夜間最小流量，再選擇流量計起動流量小於預估最小流量者，以避免無法量測到夜間最小流量。

依據計費資料，本案單一小區段平均配水量約 500CMD，夜間最小流量以平均配水量 10% 估計，即 50 CMD，故適合流量計口徑為 150mm(起動流量 36CMD)。

(3)配置方式

本計畫為確保能測量到夜間最小流量，除配置 150mm 流量計外，另加裝

50mm 流量計，配置方式如圖八。



圖八 三重小區流量計配置圖

3.4 辦理委託量測服務

本案為研究性質，為節省經費，及考量購買流量計後，未來有財產保管問題，且有配合關閉制水閥之勞務人力需求，故委託弓銓公司辦理量測服務，委託項目包括提供與安裝電子流量計、配合開關制水閥及讀取資料等。

3.5 設置窰井與安裝流量計

於流量計窰井埋設位置進行開挖，斷管後安裝流量計、記錄器及相關管線配件，再設置窰井，回填及路面鋪設。

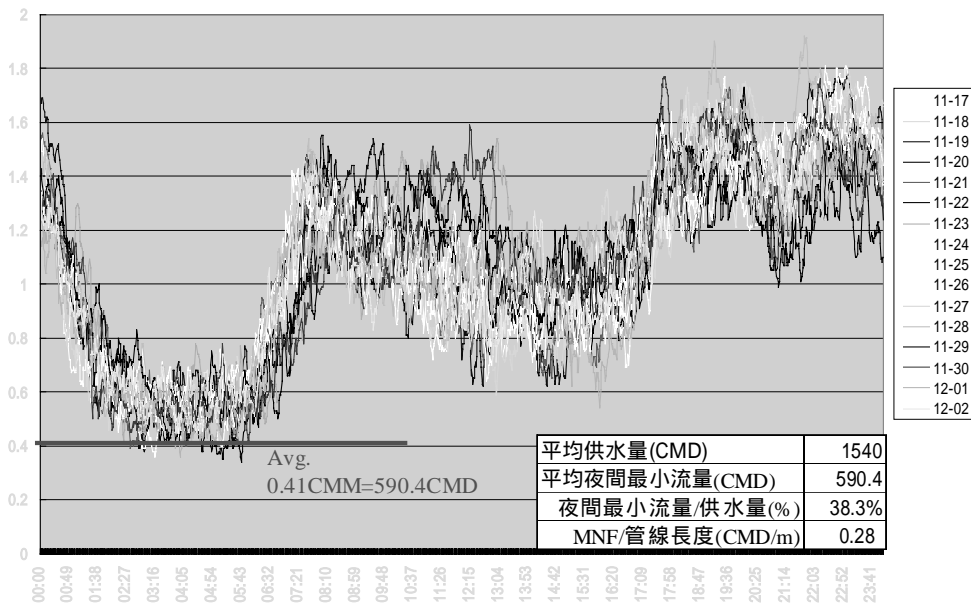
3.6 量測與讀取數據

本案分為三個區域進行量測，包括 X+Y+Z 區(全區)、X 區及 X+Y 區，每分鐘紀錄累計流量一次，資料先儲存記

錄器上，再取回連線至電腦，讀取資料後進行分析，量測結果發現夜間最小流量多發生在清晨 2 點至 5 點之間，詳細數據分析如下

1. X+Y+Z

量測時間 92/11/17~92/12/2，各日每分鐘流量資料如圖九，平均供水量 1540CMD，平均夜間最小流量為 0.41CMM (590.4CMD)，約佔平均供水量 38.3%，又本區管線長度 2099m，故平均夜間最小流量為 0.28CMD/m(195 L/min/km)。

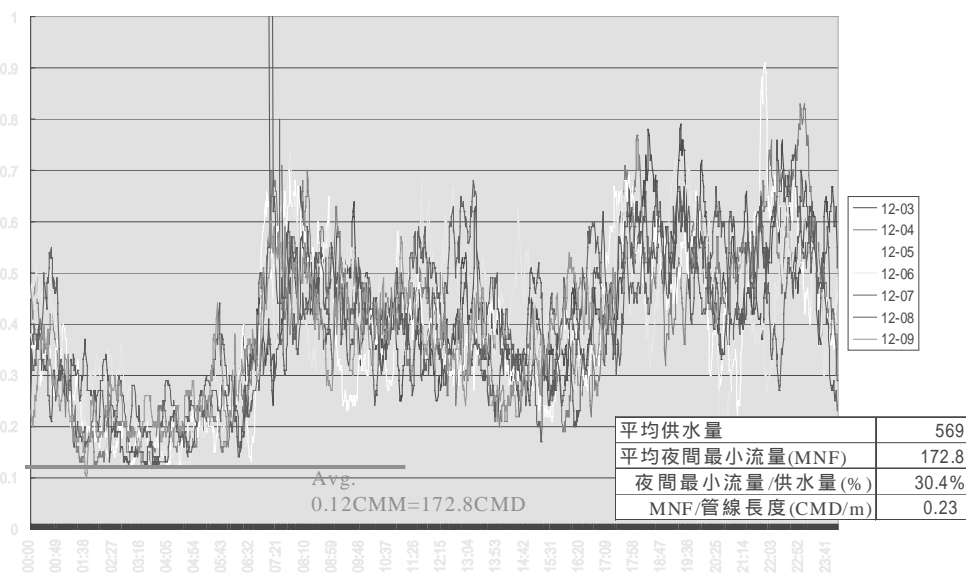


圖九 X+Y+Z 區 92/11/17~92/12/2 量測

2. X

量測時間 92/12/3~92/12/9，各日每分鐘流量資料如圖十，平均供水量 569 CMD，平均夜間最小流量為

0.12CMM (172.8CMD)，約佔平均供水量 30.4%，又本區管線長度 745m，故平均夜間最小流量為 0.23CMD/m(161 L/min/km)。

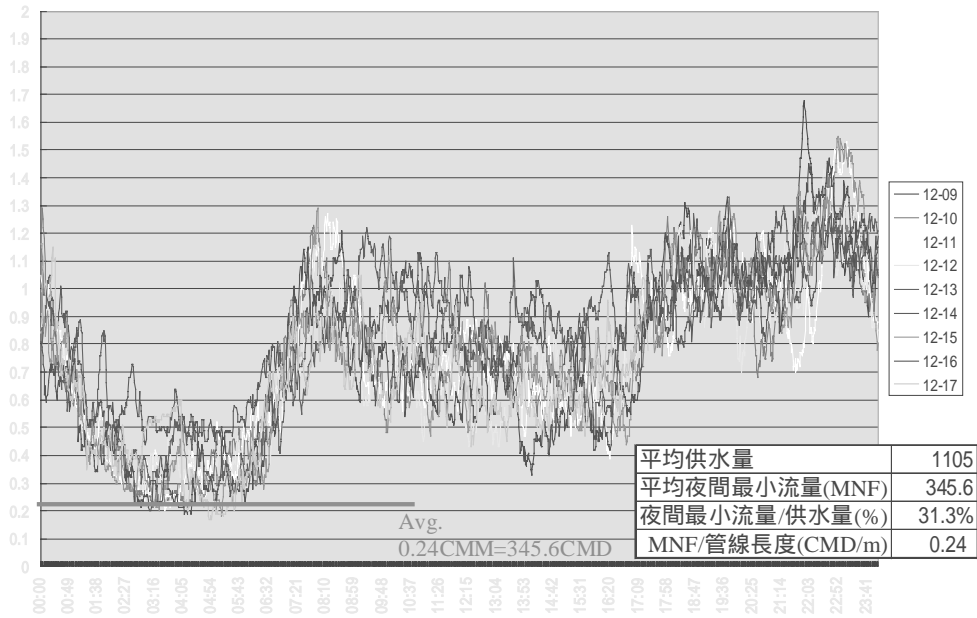


圖十 X 區 92/12/3~92/12/9 量測結果

3. X+Y

量測時間 92/12/9~92/12/17, 各日每分鐘流量資料如圖十一, 平均供水量 1105CMD, 平均夜間最小流量為

0.24CMM (345.6CMD), 約佔平均供水量 31.3%, 又本區管線長度 1415m, 故平均夜間最小流量為 0.24CMD/m(170L/min/km)。



圖十一 X+Y 區 92/12/9~92/12/17 量測結果

3.7 數據分析

1. 推估各區夜間最小流量

依據下列集合關係

$$[X]=[X]$$

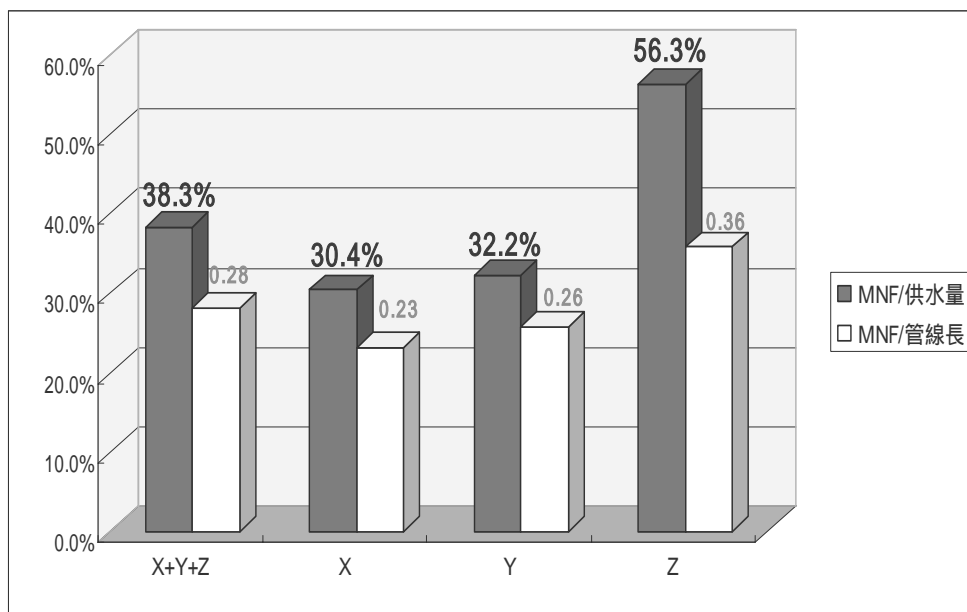
$$[Y]=[X+Y]-[X]$$

$$[Z]=[X+Y+Z]-[X+Y]$$

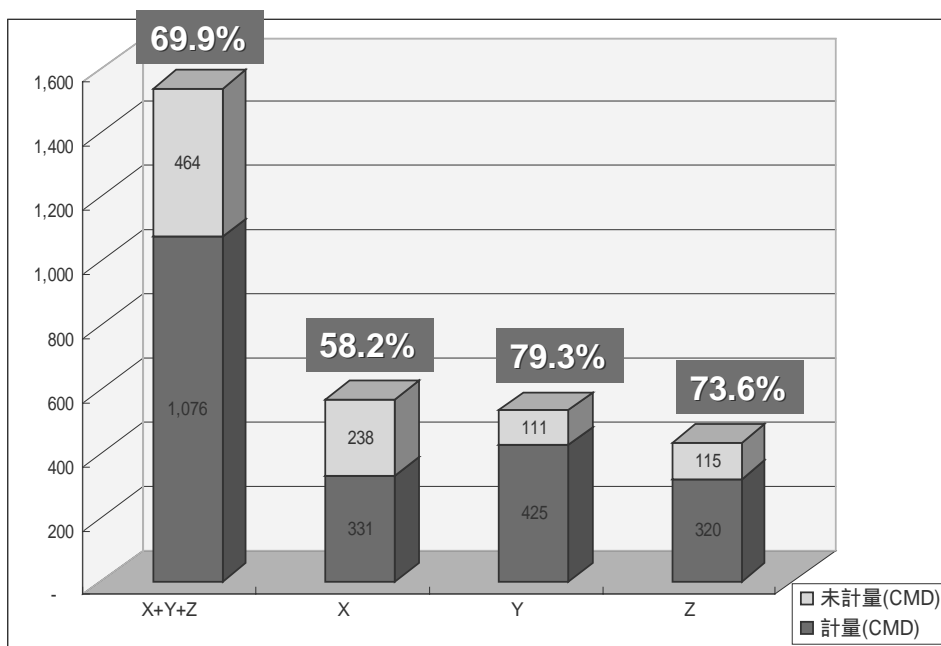
分別推算出 Y 區及 Z 區之平均流量及夜間最小流量, 發現 Z 區夜間最小流量與供水量(管線長)比例約為其他區域的 1.5 倍, 如圖十二。

2. 未計費水量分析

取得與量測同時期之抄表資料, 與本次量測得到各區平均每日供水量進行比較, 分析未計費水量狀況繪製如圖十三。



圖十二 三重小區各小區段夜間最小流量分析

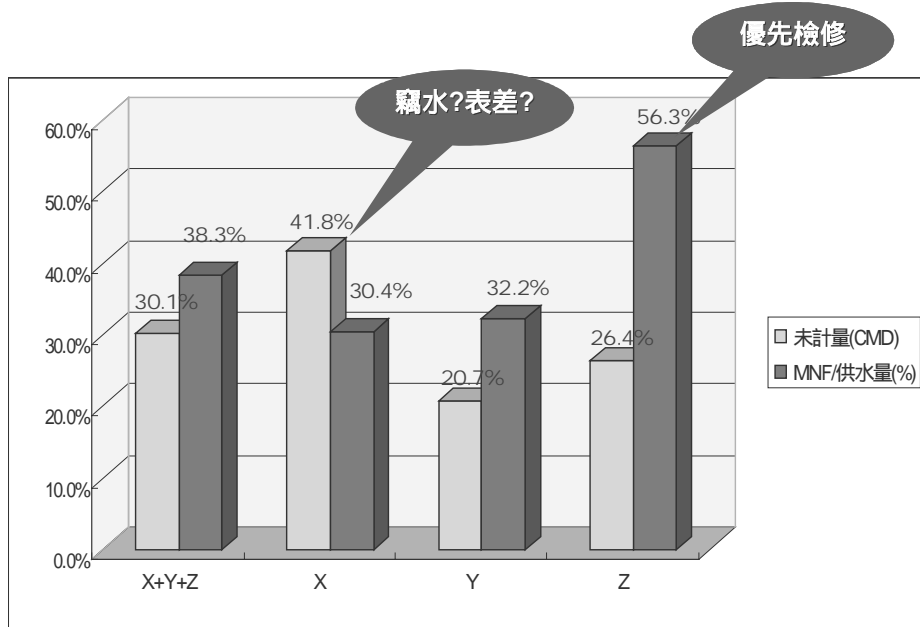


圖十三 三重小區各小區段未計費水量分析

4. 決定改善方向

將夜間最小流量狀況與未計費水量併同比較，如圖十四，發現 Z 區夜間最小流量較其他兩區偏高許多，故列為優

先檢修漏區域，另外，X 區夜間最小流量不高，但未計費水量偏高，評估可能是表差或竊水原因所造成。



圖十四 三重小區夜間最小流量與未計費水量比較圖

3.8 檢測修漏

根據前述分析結果，本案以 Z 區為主要檢修漏範圍，惟受限於本處檢測修漏契約到期限限制，故僅能進行一循迴檢修漏，包含接獲通報修漏案件，共計該區域共進行檢測修漏計 17 處。

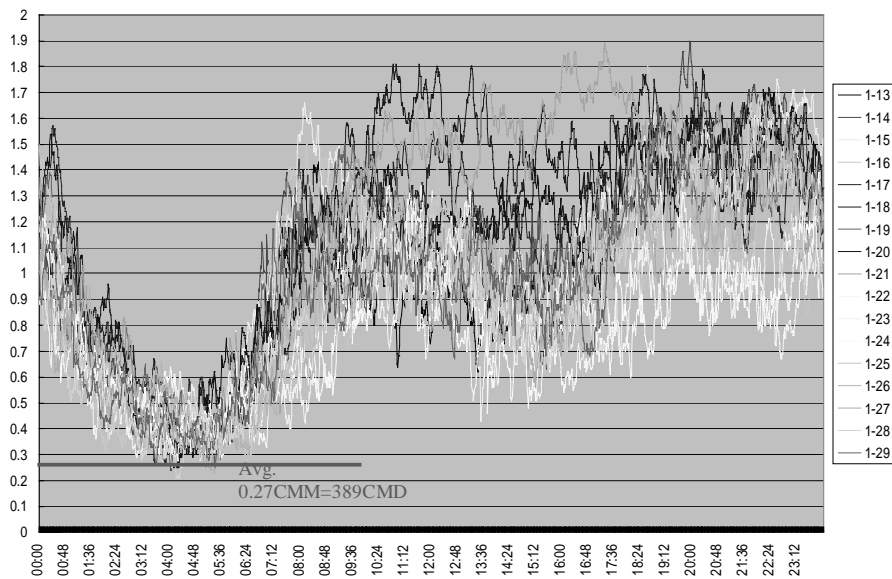
3.9 改善後量測分析

經由檢測修漏改善後，再行量測追蹤，量化漏水改善前後之效益，若仍有改善之空間，則可繼續量測分析與檢測漏。

1. 改善後量測結果

(1) X+Y+Z 區

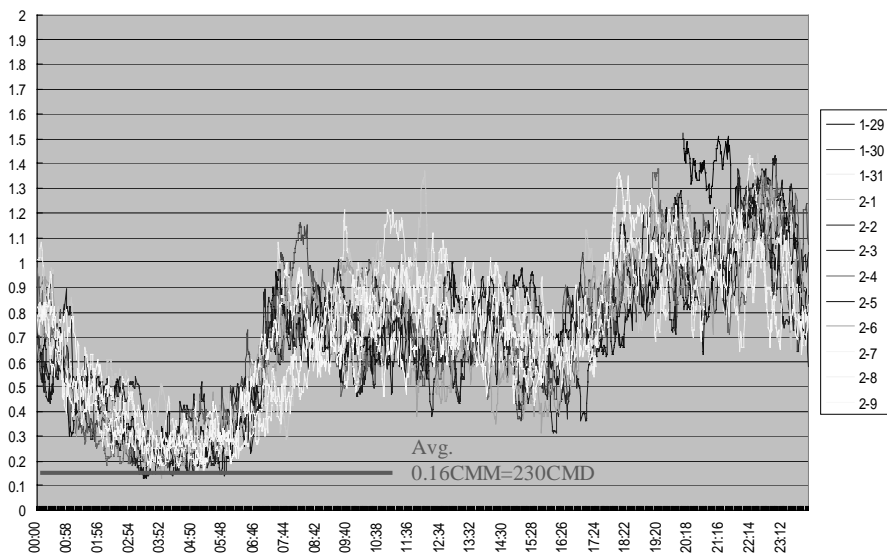
量測時間 93/1/13~93/1/29，各日每分鐘流量資料如圖十五，平均供水量 1427CMD，平均夜間最小流量為 0.27CMM (389CMD)，約佔平均供水量 27%，又本區管線長度 2099m，故平均夜間最小流量為 0.19CMD/m (133L/min/km)。



圖十五 X+Y+Z 區 93/1/13~93/1/29 量測結果

(2) X+Y 區
量測時間 93/1/29~93/2/9, 各日每分鐘流量資料如圖十六, 平均供水量 973CMD, 平均夜間最小流量為

0.16CMM (230CMD), 約佔平均供水量 24%, 又本區管線長度 1415m, 故平均夜間最小流量為 0.16CMD/m (113L/min/km)。



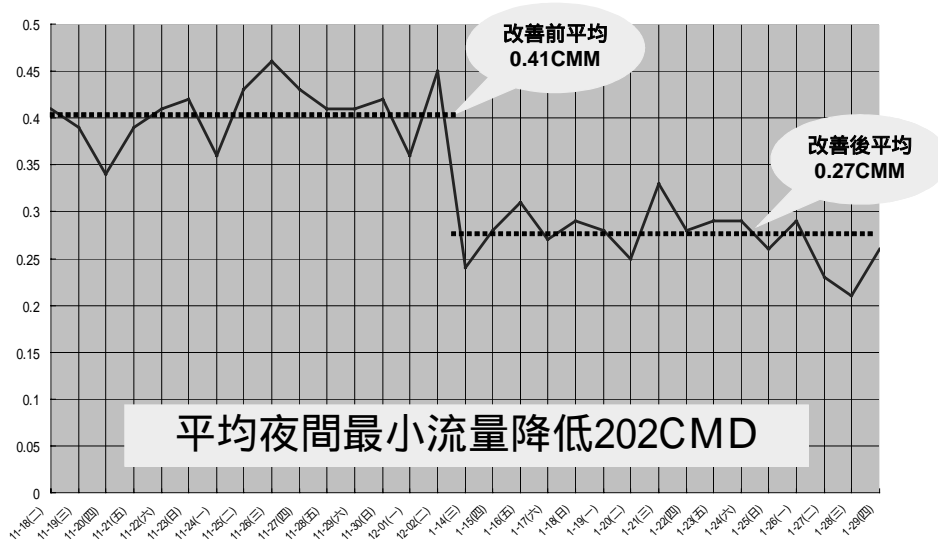
圖十六 X+Y 區 93/1/29~93/2/9 量測結果

2.分析改善成果

(1)夜間最小流量

比較改善前後全區(X+Y+Z)夜間最小量流量，統計如圖十七，平均值由

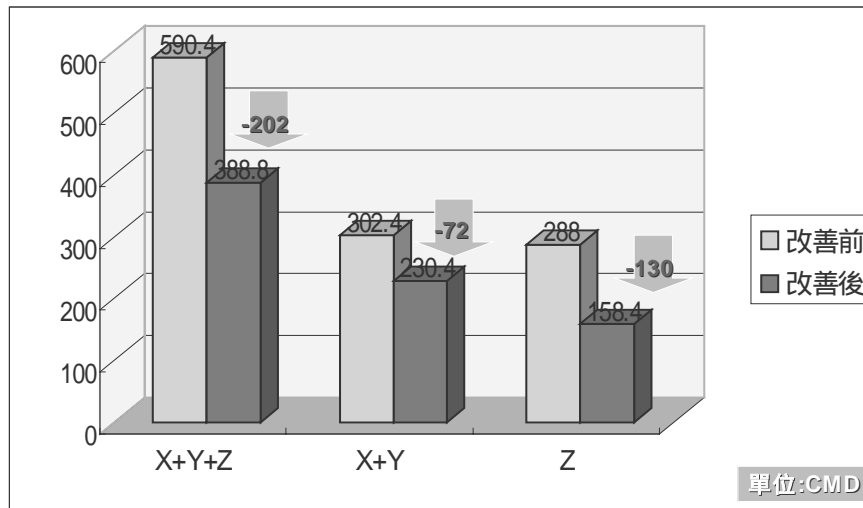
0.41CMM 下降至 0.27CMM，亦即平均每日降低 202 CMD，可推估為漏水改善之成果。



圖十七 X+Y+Z 區夜間最小量流量改善前後之比較

推估比較其餘各區改善前後之平均夜間最小流量，均有下降，如圖十八，

其中 Z 區下降 130 CMD，改善幅度最大。

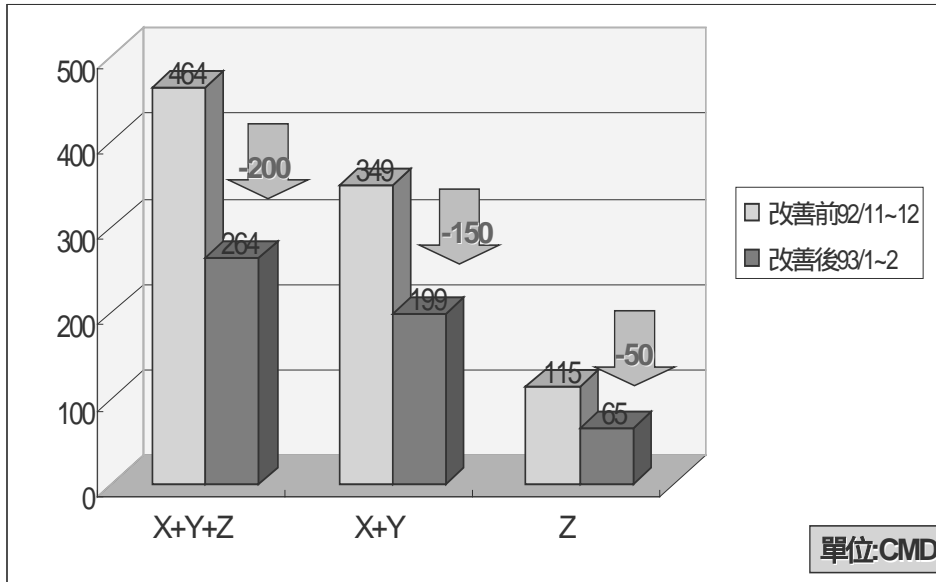


圖十八 三重小區夜間最小量流量改善前後比較

(2) 未計費水量

統計改善期間用戶抄表資料，計算出改善前後各區未計費水量，如圖十九，全區(X+Y+Z)之未計費水量由

464CMD 下降至 264CMD，降低 200CMD，與夜間最小流量減少量大致相同。

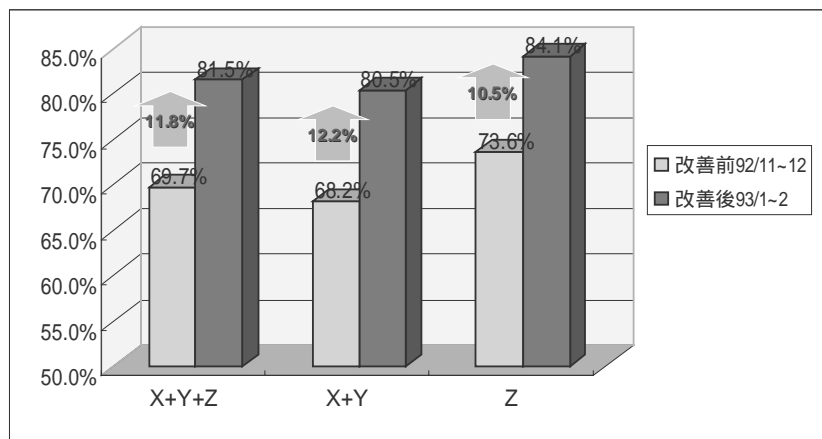


圖十九 三重小區未計費水量改善前後比較

(3) 售水率

各區改善前後售水率，統計如圖二十

十，全區(X+Y+Z)售水率由 69.7% 上升至 81.5%，改善幅度達 11.8%。



圖二十 三重小區售水率改善前後比較

四 執行經驗分享與後續執行建議

4.1 執行經驗分享

經由本次實際執行成果，可初步確認小區檢測採用夜間最小流量，分析判斷小區漏水狀況進行改善之方法可行，且有具體成效。歸納本方法有下列優點，值得大力推廣：

1. 快速評估小區漏水之程度及原因

經由短時間量測，分析夜間最小流量、每日流量，即可判斷出小區漏水嚴重程度，配合統計用戶抄表資料，分析未計費水量比率，與夜間最小流量綜合比較後，即可推估未計費原因，進行檢測漏改善，再經由改善前後之比較，具體量化改善成果。

2. 分段檢測快速掌握漏水嚴重位置

本方法適合將小區劃分更小之區段，進行分段檢測，比較各小區段夜間最小流量，即可評估各區漏水程度，集中資源針對最嚴重小區段進行改善，快速展現成效。

3. 所需投入人力低

量測夜間最小流量，僅需 1~2 人負責開關制水閥及讀取資料，相較逐戶抄表進行比較，所需人力少很多。

4. 投資報酬率高：

以本案為例，包含而設置窰井及流量計，與委託量測服務，投資成本約 26

萬元，改善結果，未計費水量降低 200CMD，如轉換成水費收入，每年約可增加 55 萬元收入，投入不到一年，即有 200% 投資報酬率，投資效益相當高。

4.2 後續執行建議

1. 量測水壓狀況，列入分析

依據理論，漏水量對於水壓變化敏感度很高，水壓越高漏水量越大，而夜間最小流量為漏水量之指標，故其數值應會受水壓影響。分段量測或改善前後量測，因時間不同，水壓狀況不同，在推估各小區段夜間最小流量，容易產生分析誤差。建議後續執行時，流量計除能記錄流量資料外，並將水壓資料列入記錄，分析前，先以同一水壓標準換算夜間最小流量後，再進行分析比較，以提高分析準確性。

2. 量測夜間最小流量之方式

本案考量研究需要，採取設置窰井，固定式電子流量計，長時間記錄流量資料，以便於分析比較。後續執行時，很容易因受限地下其他管線阻礙，造成流量計窰井無法設置之問題。建議可參考日本經驗，採取車載式移動式流量計，於夜間駛至檢測區域，以管線分別連絡區內及區外消防栓，關閉制水閥，封閉區域為暫時性獨立小區，使得該管線為小區唯一進水點，如圖二十一，即時讀取瞬間流量與壓力，找出夜間最小

流量，若數值在合理範圍，則該區域即可暫不處理，若數值超出合理範圍，則

可將小區再與分段量測，找出問題區段，進行改善。

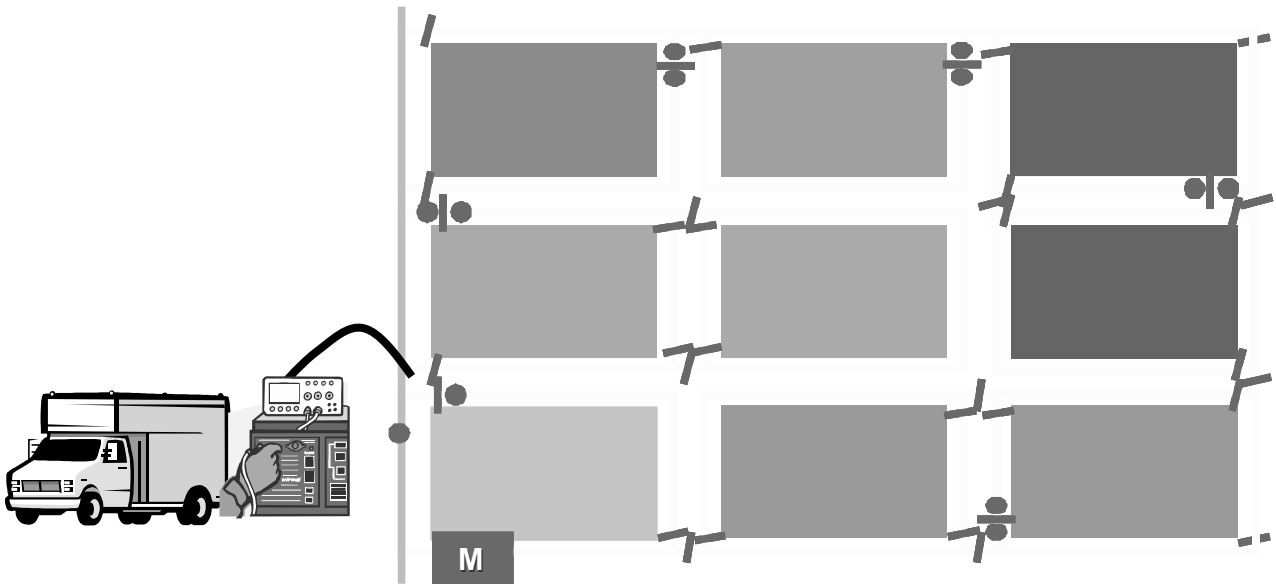


圖二十一 車載式移動式流量計量測方式

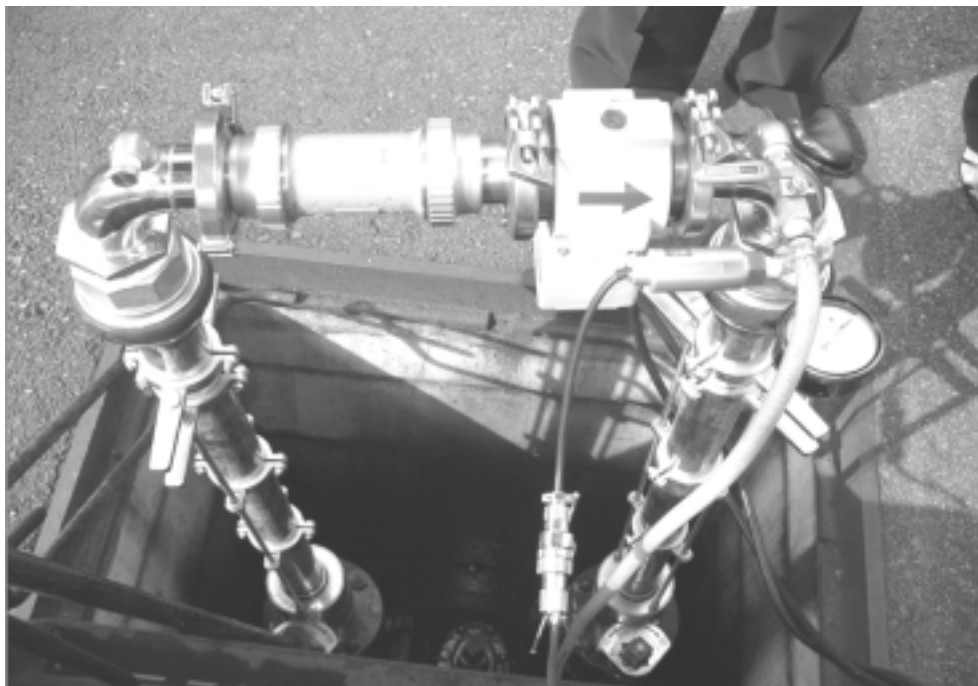
3.設計如何納入小區檢測之觀念

以往考量供水量與壓力分配不均勻，故管網配置多儘可能互相連通，以便於支援，然對於劃分區域進行漏水管控或供水管理，卻常因為需要操作過多的制水閥，產生執行上問題與困難。因此建議後續區域管網設計時，可考量採用「分區計量」結合「小區測漏」之模式，如圖二十二，於小區配置雙口消防

栓，如圖二十三，再將數個小區結合一個中區，配置固定式流量計。配合每次抄表資料，分析該中區未計費水量狀況，如發現異常狀況時，再利用夜間，採用移動式流量計量測各小區夜間最小流量，找出有漏水問題小區，進行檢測修漏，再確認改善成效，直到未計費水量狀況回復合理狀況為止。



圖二十二 「分區計量」結合「小區測漏」示意圖



圖二十三 利用雙口消防栓量測流量方式

五、結論

如何快速有效降低未計量水量，是本案研究重點，經由設置附帶記錄器之電子流量計，量測、分析小區夜間最小流量，判斷未計量可能原因及其嚴重程度，並透過分段檢測，將小區在縮小範圍，找出問題最嚴重之位置，再將資源投入進行改善，經由分析改善結果，初步可確認採用夜間最小流量分析改善小區漏水率之方法，是可行且有效之方法。

本案受限於時間及經費，並未以汰換管線，而僅進行一循環之檢測修漏改善，故改善成果能維持多久，值得長期追蹤觀察。

參考文獻：

- 1、郭瑞華、郭復勝、陳增福、王炳鑫、郭建華、林俊雄、吳朝輝、陳亦能、曾盛一，2002年，「如何減少無計費水量之研究」，中華民國自來水協會。
- 2、臺北自來水事業處，1978年，「防止漏水措施指南」，臺北自來水事業處。
- 3、臺北自來水供水管網改善計畫期末報告，2004年，臺北自來水事業處，巨廷工程顧問股份有限公司。
- 4、日本水道協會，1998年，水道維持管理指針。
- 5、ACTEW. Water Leakage Control.
- 6、Malcolm Dan Farley and Strart Trow. 2003. Losses in Water Distribution Networks. IWA
- 7、Wallace, L.P. 1987. Water and Revenue Losses : Unaccounted for Water. American Water Works Association Research Foundation, Denver, CO.

應用品管圈活動提昇售水率

朱聖心¹ 廖介廷² 廖文哲³ 吳錦樑⁴ 張竣超⁴

摘要

臺北市和平西路三段、環河南路一帶之華江社區，為臺北自來水事業處(以下簡稱水處)之接管社區，其北側區域長期之抄表資訊顯示售水率低迷，雖經水處相關同仁努力提昇，成效卻有限。透過 93 年水處品管圈(QCC)活動，由西區營業分處同仁應用相關手法及技術，成功將該區域之售水率由百分之廿提昇至逾百分之九十。

關鍵字：品管圈(QUALITY CONTROL CYCLE, QCC)、華江社區、售水率一、品管圈介紹

一、品管圈介紹

單位：臺北自來水事業處西區營業分處給水股；圈名：昇華圈；圈長：廖介廷；圈員：朱聖心、廖文哲、吳錦樑、張竣超；活動時間：九十三年四月至九月(共計六個月)。

1-1 圈名來由及活動主題

本圈圈名取為昇華圈，主要係臺北市和平西路三段、環河南路一帶之華江社區，經水處接管後，長期售水率低迷，無法提振。期能透過本次品管圈運作，

1. 臺北自來水事業處西區分處給水股 幫工程師
2. 臺北自來水事業處西區分處給水股 股長
3. 臺北自來水事業處西區分處給水股 副工程師
4. 臺北自來水事業處西區分處給水股 工程員

獲得顯著的改善。活動主題設定為提昇華江社區售水率。

二、活動主題選取及選題理由、活動設定之目標及目標修正

2-1 選題評估表及選定理由

選題評估表如圖一所示。評估項目係由全體圈員參與，依照重要程度平均後給分(絕對贊同五分、非常贊同四分、贊同三分、尚可二分、不贊同一分)。經圈會討論歸納之選題理由為：華江社區售水率長期低迷，非但對水處營收大有影響，珍貴水資源也無端浪費，以前雖經同仁多次努力，惜多為單獨奮鬥，致使改善成果有限，此次希望能由群策群力，獲得成功。

2-2 目標設定及修正

原目標設定為將華江社區售水率由百分之四十五提昇至百分之八十。經統計華江社區九十一年售水率約百分之三十九，九十二年一月至六月間售水率約百分之四十三，九十三年二月售水率約百分之四十六.八九，且華江社區北側售水率更只達百分之二十。本區管線複雜，幅員廣闊，故經圈會討論後決議於

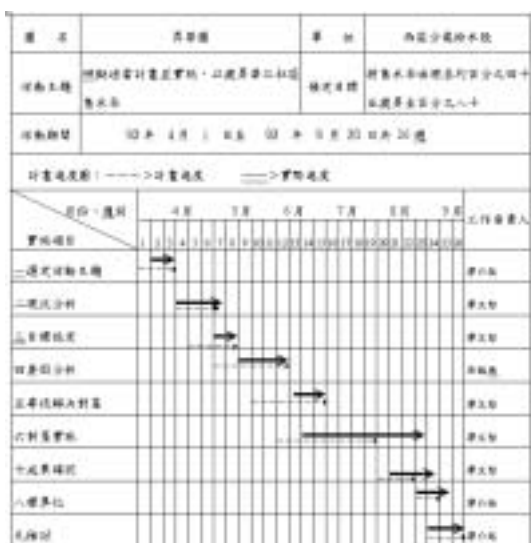
品管圈活動期間應優先將北側售水率由百分之二十提昇至百分之八十五。

序	品管圈	評分項目	給分					合計	順位
			親切性	可行性	重要性	純潔性	參與度		
1	長男生秋推行執行率		18	25	20	20	22	105	2
2	長昇華江社區售水率		25	24	25	25	25	124	1
3	長昇管網工程執行率		25	16	20	20	22	103	3

圖一 選題評估表

三、QCC活動計畫表 - 甘特圖

活動計畫表如圖二。



圖二 活動計畫表

四、品管圈活動區域現況分析

4-1 華江社區簡介

華江社區位於臺北市和平西路三段與環河南路二段交叉口一帶，計有八二三用水戶，經總表(口徑一五0公厘)進入水池後加壓送至高架水塔，直接供應社區住戶使用。社區位置圖如圖三。

社區內參雜有本處管線，管網複

雜，且位於社區範圍內，局部用戶接用本處管線；本分處曾依原始接水設計圖逐戶清查，分列未經社區供水系統之用戶，惟需待探挖或抽換管線，後方得確認；同時為了解該社區之供水系統，曾全區量測水壓，社區系統水壓為 2.5 2.6kg / cm²，周邊本處供水系統水壓為 1.1 1.5 kg / cm²。社區管線圖如圖四。

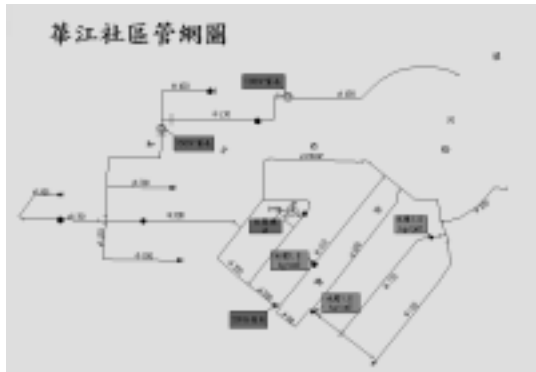
4.2 數據蒐集

經統計九十一年售水率約百分之三十九，九十二年一月至六月間售水率約百分之四十三，九十三年二月售水率約百分之四十六．八九；由於本社區長期售水率偏低，且原因探討不易，乃決定分區裝設計量表，以便評估及日後提昇用水成效。

本年度評估華江社區北側(和平西路三段以北)區塊，發現二、三月售水率竟僅為百分之二十上下。



圖三 華江社區位置圖



圖四 華江社區管線圖

五、要因分析

5.1 要因追查

經圈會討論，圈員腦力激盪、熱烈討論，初步認為華江社區北側售水率低迷之原因如下：

表差因素：水表損壞、逾齡造成計量不準確（高用低計）。

資訊錯誤：用戶用水系統誤植（應為社區用戶，誤植為本處直接用戶）、圖面資料錯誤（應為社區用戶，誤植為本處直接用戶）。

違章用水：竊水、接管時未查知公共設施未過表用水。

管線因素：管線老舊、逾齡造成漏水。

彙整後製成要因分析圖如圖五。

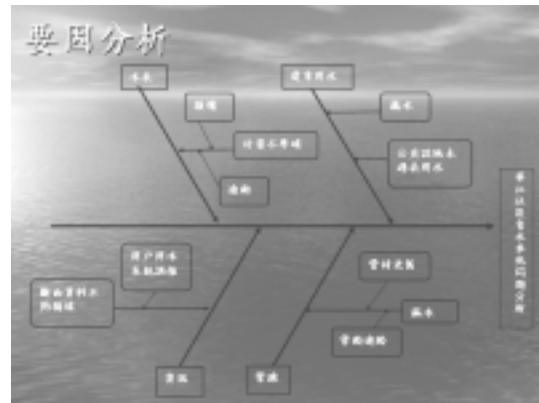
5.2 現況把握 - 改善前柏拉圖

經圈員討論及交換心得，認為前項要因影響售水率之比重如下：

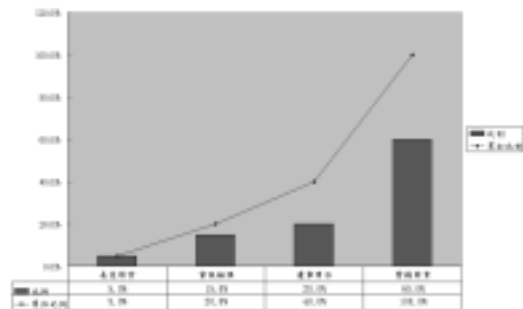
- 表差因素：5%
- 資訊錯誤：15%
- 違章用水：20%

管線因素：60%

並製成改善前柏拉圖如圖六。經由柏拉圖分析較易了解問題之重點，預備由比重高之要因（可視為核心問題）著手改善，或可易於獲得成果。



圖五 要因分析圖



圖六 改善前柏拉圖

六、對策擬定 - 訂立改善計畫

經由圈會討論，圈員腦力激盪集思廣益，提出以下具體改善建議：

表差因素：華江社區內逾齡表儘速更換。

資訊錯誤：全員清查用戶用水系統應為社區用戶，或為水處直接用戶。更正錯誤資訊及圖面資料。

違章用水：動員清查違章用水及竊水。清查接管時公共設施未過表用水部分執行不易，建議全面更新管線，廢除

舊管，未過表用水部分即可裝表計費。

管線因素：進行老舊漏管線汰換修理。

並訂定改善計畫表如表一。

表一 改善計畫表

要因	對策	執行者	實施日期
表差因素	逾齡表儀更換	抄表股同仁	93年3-5月已進行
資訊錯誤	全員清查更正錯誤資訊及圖面資料	全體團員	93年5月
違章用水	清查違章用水及竊水	給水股同仁 及抄表股 查業務同仁	93年6月
管線因素	老舊漏管線汰換修理	給水股及陸 漏股相關同 仁	93年5-9月

七、成果確認及標準化

7-1 有形成果

經實施各項對策後，華江社區北側售水率變化如下：

改善前：華江社區北側售水率17.28%。

改善中：華江社區內逾齡表更換，售水率變化：17.28%提昇至25.29%。

改善中：清查用戶用水系統。更正錯誤資訊及圖面資料，售水率變化：25.29%提昇至25.63%。

改善中：動員清查違章用水及竊水：未發現。

改善中：進行老舊漏管線修理，售水率變化：25.63%提昇至85.04%。

改善後：進行老舊漏管線汰換，售水率變化：85.04%提昇至93.49%。

製作改善前、中、後推移圖如圖七，並修正製作改善後柏拉圖如圖八。

經此次活動已達成將華江社區北側售水率提昇至93.49%

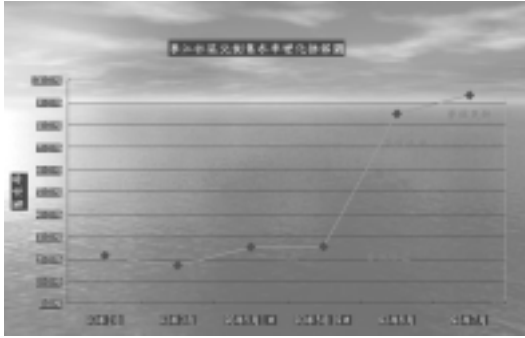
7-2 無形成果

1. 增加同仁自信心及責任、榮譽感。
2. 增進對Q.C手法之認識及應用方式
3. 由集思廣益、腦力激盪，從工作中發現新的改善概念。
4. 經由圈的活動，凝聚了團隊精神，更發揮了團隊精神。

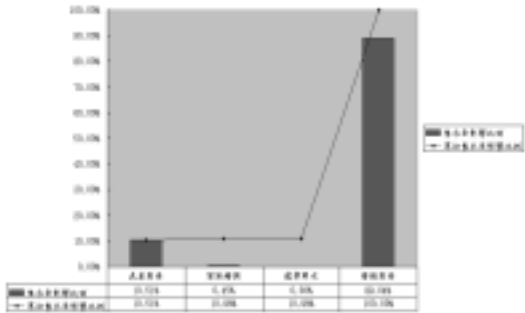
7-3 標準化作業

十分不容易達成預期的成果，我們將經驗訂定出標準作業流程，並繪製標準作業流程圖如圖九。

世事果難預料，七月十五日發現售水率突降至13.5%，經由標準作業流程並應用社區管線圖如圖十，發現區域水壓突降，可迅速界定漏水的範圍，經檢測後確定漏水點並進行修理更新，又將售水率提昇至94.3%如圖十一。（修理相片如圖十二、圖十三）



圖七 改善前、中、後推移圖



圖八 改善後柏拉圖

八、活動感言及展望

8-1 活動感言

1. 此次活動能達到設定目標，且超過預期目標，是所有圈員及相關同仁齊心努力之成果，尤其克服前人障礙，應值鼓勵。
2. 此次品管圈活動能順利完成，須感謝長官支持，及抄表、修漏股同仁大力配合，一併致謝。
3. 改善工作須持續進行，才能保持績效領先。

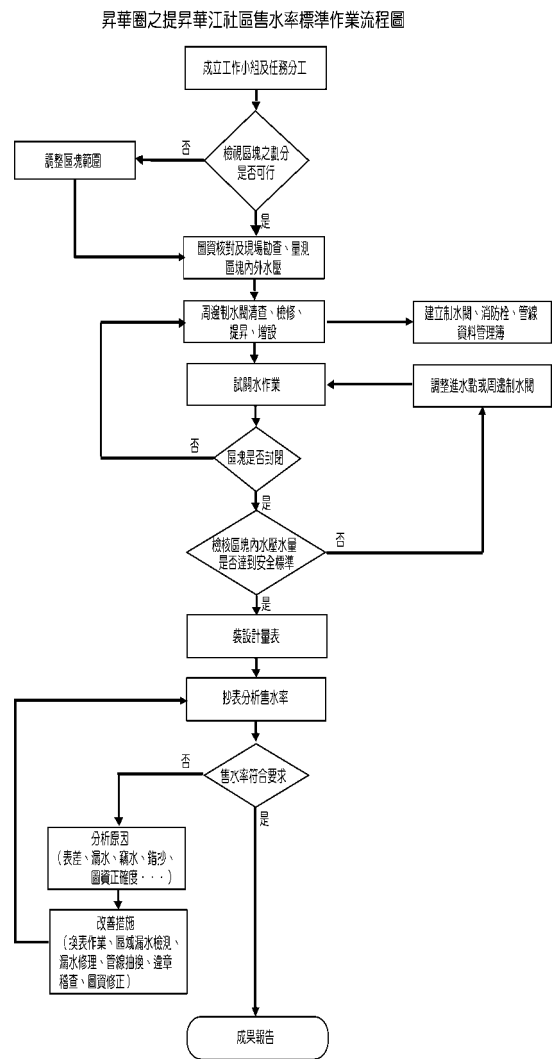
8.2 展望

提昇華江社區北側售水率，除了增加本處營收，減少寶貴水資源浪費，也

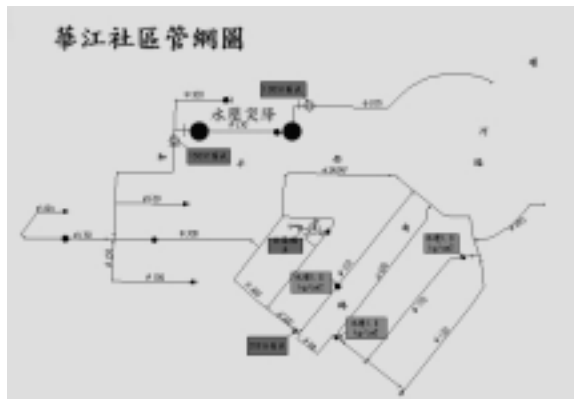
證明眾人認為不可為之困難是可以克服的。往後目標是要展現本圈執行的情形，擴大改善至整個華江社區，並將執行情形與其他分處意見交流，共同提昇水處的經營績效。

九、誌謝

本活動承蒙中原大學陳順來老師指導品管圈相關觀念及技術，謹此致謝。



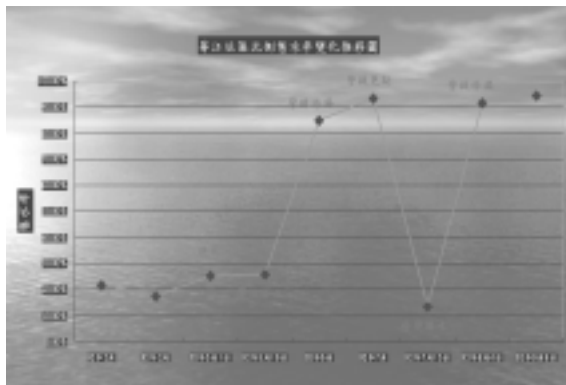
圖九 標準作業流程圖



圖十 社區管線水壓下降圖



圖十二 管線修理圖



圖十一 應用標準作業提昇售水率圖



圖十三 管線修理圖

「小區計量」經驗談

郭建華¹、邱嘉南²、林河山³

一、前言

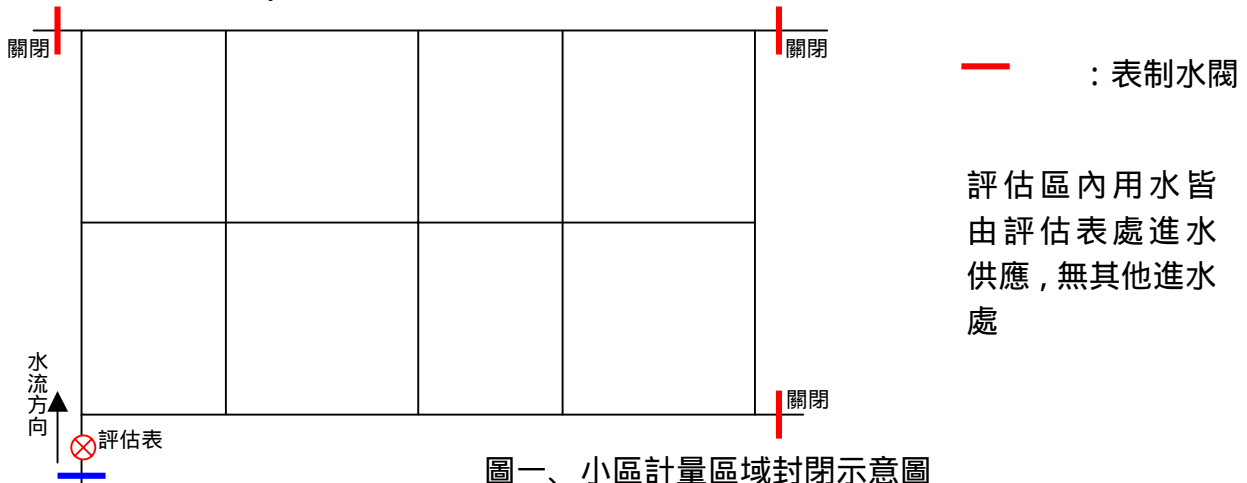
臺北自來水事業處(以下簡稱本處)於92年1月21日成立「漏水改善小組」,成立之初即研擬「小區計量」、「改善防火巷老舊管線」及「簡化申挖手續」作為改善漏水主要策略,其中為推動小區計量各營業分處立即選定示範實行區域。本處東區營業分處(以下簡稱本分處)於當年度選定三個區域,分別為「內湖西康里」、「康樂街72巷17弄」及「民生社區」等做為小區計量評估區。上述各區域皆有其不同供水特性,內容涵蓋兩個小型加壓站供水區域(西康里加壓站、民生社區加壓站)及平地區域(康樂街72巷17弄)其中西康里加壓站供

水方式為經由加壓馬達送水至高地水塔再送至用戶家中;民生社區為全區直接加壓供水(包含二樓以上用戶);康樂街72巷17弄,經統計89-91年本分處修漏紀錄,當地修漏次數高達17次,為本分處漏水頻率最高地區。本文主要針對康樂街72巷17弄小區計量實施過程及經驗進行探討。

二、實施原理及方法

(一)小區計量區簡介

「小區計量」於進行之初需劃定一評估區,並將週邊制水閥關閉以侷限成一評估區。再參酌供水壓力,開放一向或多向進水,並於進水端裝設評估表。評估區示意圖,如圖一所示。



1. 郭建華 臺北自來水事業處東區營業分處主任
2. 邱嘉南 臺北自來水事業處東區營業分處股長
3. 林河山 臺北自來水事業處東區營業分處工程員

(二)售水率評估

售水率評估大致可分為「抄表統計」、「夜間最小流」及「直接量測漏水量」等三種方法，分別簡要說明如下：

1.抄表統計

比較一段時間內，通過區域內用戶總表及直接水表水量與通過評估表自來水量與之比值，做售水率評估。此種方式為最簡易方法，且就自來水事業而言，若以長評估時距來看，因其上述兩水量之差額除含實際漏水量外，尚包括無費水量及表差等因素在內，可得一較明確經濟分析之結果。

$$V_g = V_{used} + V_{loss} + V_{other}$$

V_g ：評估時期內通過評估表水量

V_{used} ：抄計用戶水表所得之收費水量²

V_{loss} ：漏水量

V_{other} ：無費水量

夜間最小流

假設夜間無人用水時（直接用水及總表進水皆為零），評估表進流量即等於漏水量。但此為一種估計法，因其牽涉用戶生活型態、水壓變化等因素；且當用戶總表數量佔較多比例時，因難以控制及確定進水時間，故在部分區域難以量得一常數之夜間最小流。且因本法為使用流量估計，受壓力影響較大，在回推售水率或評估時期間漏水量時將較不準確。其原因在於加壓站操作通常會隨季節而有變化，故當得到的夜間最小流值減少時，難以分辨究竟為改善得到成

效或是加壓站減壓所造成。

$$Q_g = Q_{used} + Q_{loss} + Q_{other}$$

假設 $Q_{used} = 0$ 及 $Q_{other} = 0$ ，

$$\text{則 } Q_g = Q_{loss}$$

Q_g ：通過評估表流量

Q_{used} ：通過用戶水表流量

Q_{loss} ：漏水流量

Q_{other} ：無費水量

3. 直接量測漏水法

本法主要進行方式為將直接用戶表前止水栓及總表表前制水閥關閉，確保用戶無用水。如夜間最小流方程式，此時評估表流量即等於漏水流量。惟此方法耗費人力較多，故並不常使用。

(三)改善方法逐步探討

1.汰換逾齡表

一般而言，售水率計算方法係以下列方程式計算

$$\text{售水率} = \frac{\text{售水量}}{\text{出水量}} \times 100\%$$

由上式顯示影響售水量計算最顯著因素在於用戶水表之準確度，且一般而言水表是否逾齡將影響計量準確度。故計畫之初除進行管線更新設計外，亦應同時汰換逾齡表，以確保計算依據無誤，方可進行後續分析。

2.檢測漏水

由評估表至用戶水表間水量流失為導致售水率不高的主因，一般而言尋找

管線漏水主要方法為檢測漏水，惟因無法非常精確，且僅為治標方法。若需徹底解決，全面管線更新方為治本方式。故本案例初期擬定策略時，即將上述三種方法排定時程，計畫依汰換逾齡表、漏水檢測及管線更新等順序依序進行改善，以比較各方法成效。同時如上於實際執行時將漏水檢測省略直接進行全面管線更新。

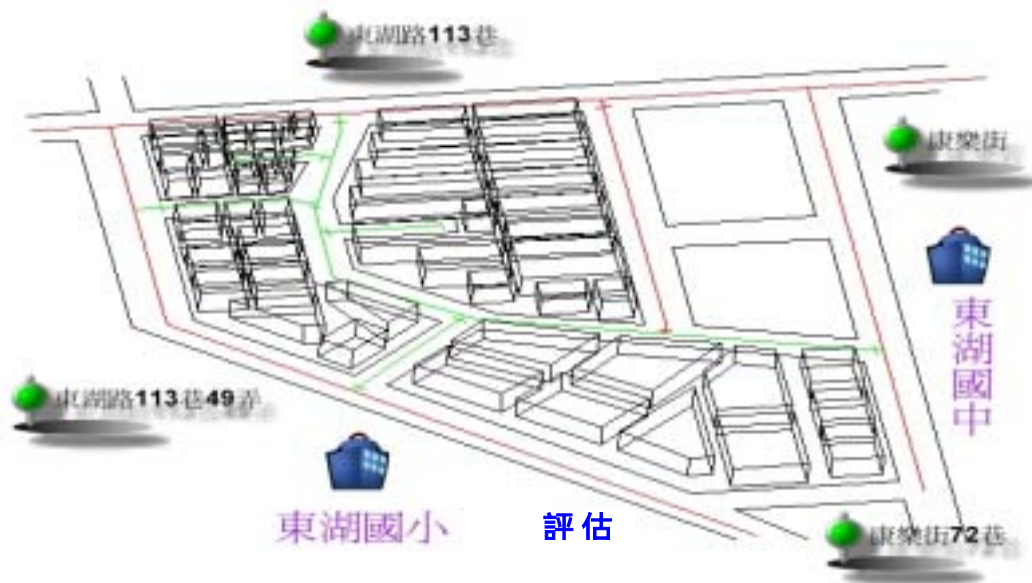
三、案例區域管線及基本資料

近年來本處辦理管線更新工程，主要將原屬老舊配水管(PVC、CIP、MJP)更新為DIP(延性鑄鐵管)，老舊給水管線(GIP、LP、PB)一併更新為SSP(不鏽鋼管)本案例所屬區域原有之配水管

為民國七十二年埋設之DIP管不需更新，用戶給水管則為PB管，就以往修漏經驗而言，PB管線漏水頻率較高，故計畫將全部用戶給水管線PB管部分更新為SSP，PVC管則不予更新，同時需將原舊有管線由接合管確實封管。

本案例基本資料簡述如下：

- (一)用戶及水表數量：用戶數共計 825 戶，其中直接用水及總表數共計 112 栓。
- (二)改善前售水率：67%。
- (三)共計關閉四只週邊制水閘，經測試區域內水壓 1.5 公斤，不影響供水。
- (四)於東湖路 113 巷 49 弄 20 號旁裝設弓銓公司製造電子式 150mm 水表一只。



圖二 評估區域示意圖

四、推動歷程及結果

(一)用戶抄表及售水率分析

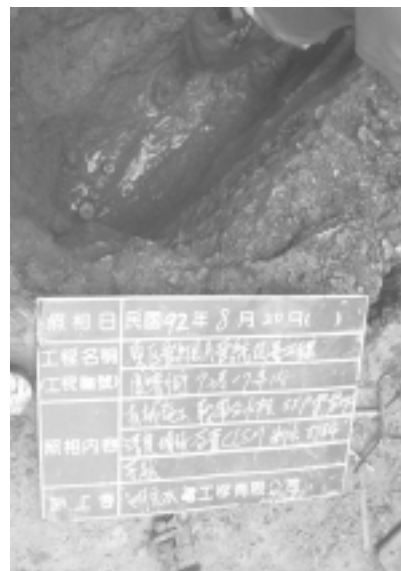
92年6月3日選定評估區後，立即進行週邊制水閘清查，並嘗試封閉區域及測試封閉後是否影響供水，經實地量測封閉區內水壓達 1.5kg/cm²。同時維持封閉狀態三週期間，並未有用戶申訴水壓不足。故立即裝設評估表，並於 92年6月24日至7月8日，以7天為間隔進行抄表，共計抄表3次。初步評估售水率為 67%，並不理想。再依照原先規

劃期程更換逾齡用戶水表共 18 栓，再次統計售水率仍僅約 67%，依此判斷用戶水表對於計量影響有限。因如前述當地配水管線為 72 年埋設 DIP，尚未達使用年限，且依據維修紀錄當地並未有配水管維修紀錄，故僅進行用戶給水管線更新工程，共計更新給水管線 690 公尺。後再經 9 月 2 日抄表統計售水率高達 99%，已達原先預設目標，詳細推動時間表如下表所示。

時間	92.6.14	92.7.8	92.8.11	92.8.20	92.8.22	92.9.2
工作紀要	裝設評估表(150mm)關閉週邊制水閘以形成封閉區域	6/24-7/8 三次抄表(間隔7日)	更換用戶水表共計 18 栓	再次抄表評估售水率	因換表後售水率並未提昇故更換全數用戶給水管	再次抄表評估售水率
售水率		67 %		67%		99%



給水管更新為 SSP

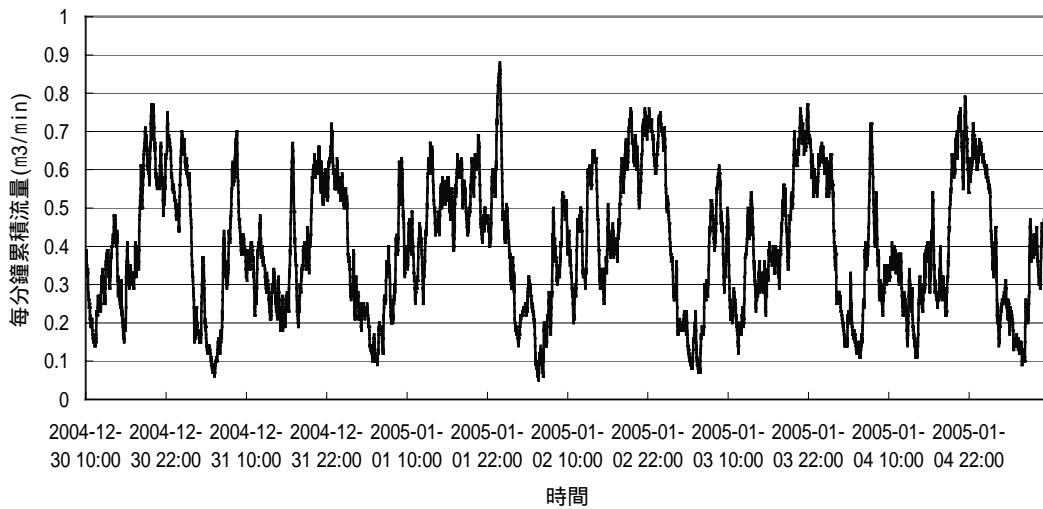


老舊管線確實斷水

(二)夜間最小流測試

小區計量為一長期工作，除於操作時期售水率應達預期目標外，後續維持工作亦相當重要。管線更新工程有時因地下管線密佈，接水點位置常被其他單位管線掩蓋，故斷水工作可能有所困難；又因本案例配水管線並未更新，故工程結束後，仍將當地列為後續追蹤重點區域。本處於 93 年採購一批流量紀錄器，故本分處除持續利用正常用戶抄表時間進行售水率追蹤外，並上述裝設流量紀錄器紀錄流量歷線。93 年 12 月 30

日至 94 年 1 月 5 日流量歷線如下圖所示，量測所得最小流量為 0.05m³/分鐘。惟因該流量紀錄器流量量測方式，係採流量累積值相減所得差值為流量值，並非量測瞬間流量，故實際上甚難量測得零值。且因當地並非全數為直接用水，亦難以經由最小流判斷是否有無漏水，僅能作為研判漏水程度依據。此外就同時期抄表結果計算當地售水率達 100%，若搭配夜間最小流量測所得數值甚小做為輔助，此地區改善成果應可獲得確認。



圖三 評估區流量歷線量測圖

五、結論

(一)由本案例改善經驗得知，小口徑給水管線應佔漏水相當程度比例。惟因漏水較不明顯故較難發現，未來執行

管線更新時應列入重點工作。

(二)因動員抄表耗費人力，漏水改善完成一段期間後，可考慮再封閉評估區域，以採夜間最小流量測方式來研判漏水再發的程度，以維護改善成果。

效率檢漏與降低漏水率

林子立*

一、前言

去(2004)年七月的敏都利颱風造成鯉魚潭水庫原水閘門無法開啟及八月下旬的艾莉颱風致石門水庫原水濁度高達數萬度，均使得上百萬台中地區及大桃園地區的水公司用戶停水近兩週以上，突顯出水資源的可貴。

二、現況分析

造成自來水「抄見率」偏低的原因有諸多因素，諸如：消防用水、竊水、工程用水、水表不感、漏水等等，其中

「漏水」是最容易被歸責的主因，但是漏水嚴重只是「果」，除了探討造成漏水嚴重的「因」及其解決方法外，如何更積極的去減緩漏水的流失，則是目前水資源有效利用的最主要課題。

對於自來水的漏水而言，不同的漏水率自應有不同的因應方式，例如東京都水道局在西元2000年的漏水率是7.1%（其漏水率的算法已扣除消防用水、水表不感量、工程用水等等，即單一的管線漏水率）東京都水道局的漏水防止作業沿革¹略述如表一：

表一、東京都水道局的漏水防止作業沿革略表

年次	主 要 事 項	漏水率	降 低 數	年平均降低數
1945	二次戰後的應急復舊 計畫性漏水防止作業	50.0		
1950	設置試驗小區管網 實施漏水防止作業增強計畫	30.0	20 % / 5 年	4.00 %
1960	400~1500mm 採用石墨鑄鐵管 建立漏水防止計畫 終止計量方式改採簡易作業	22.0	8 % / 10 年	0.80 %
1964	75~350mm 採用石墨鑄鐵管 小區管網計畫策定	17.6	4.4 % / 7 年	0.63 %
1975	逾 40 年之配水小管線全面抽換 小區管網計量-高漏水區優先檢修漏 限定性給水管採用不鏽鋼管	16.7	0.9 % / 8 年	0.11 %
1982	巷道用戶外線整合 漏水防止改採計量測定	15.6	1.1 % / 7 年	0.16 %
1984	全面性給水管採用不鏽鋼管 採用相關儀測漏器	14.2	1.4 % / 2 年	0.70 %
1989	採用時間積分式測漏器	11.7	2.5 % / 5 年	0.50 %
1998	長距離給水管改至臨近配水管	8.0	3.7 % / 10 年	0.37 %

* 台灣自來水公司第八區管理處管線隊 技術士

由上表分析：

1945~1950 年高達 50 % 的漏水率，因二次戰後的應急復舊，5 年期間共降低漏水率 20 %，年平均降幅高達 4 %，雖不如 1999 年台灣的 921 水公司動員全數檢漏及工程人力於一個半月內完成緊急復舊般的積極效能，但就台灣而言除了 921 的個案外，亦無如東京都水道局的積極作為。

1950~1960 年 30 % 的漏水率，以「小區管網」及「增強漏水防止作業」兩項主要措施，10 年間降低漏水率 8 %，年平均降幅亦有 0.8 %，其後各期間的相關措施（因漏水率越低，越不容易檢出）均難逾此降幅。

在 1960 年 22 % 的漏水率之後，採行的是檢漏與大、小管線抽換的並行作業，各期間皆可見具實務與專業的「檢漏作業」一直是列為主要的事項。顯示「檢漏」在其「水歷史」中持續扮演著抑制漏水復原的角色。

三、應用探討 - 檢漏實例探討

之前被歸諸於解決漏水嚴重的方法，始終朝著「管線抽換」這種高成本（抽換 100mm-DIP-500 公尺；逾 100 萬元）且須經數十年才能逐步汰換完成的方向來進行，若無政府的全面補助，

對於高負債的水公司而言確是雪上加霜。換個角度看問題，似乎沒有積極的考量亦可由「檢漏」這種小成本的方向來抑制漏水復原與成長，就好像不針對病因及病灶來醫治，而一謂的以更換器官這種大手術來解決問題。就現階段而言，真有足夠的人力、物力跟時間可以在所謂「工程預算執行率」之下，確保施工品質並配合這種高成本的「管線抽換」嗎？

除了「高成本」與「長時期」才能顯現成效的汰換舊漏管線工程外，積極的做法應可考量以「小成本」與「短效性」來即時的降低漏水率，也就是「加強檢修漏」，針對小區域範圍的檢漏，其除了可以即時顯現漏水的減少外，還能清楚顯示到底哪些才是「檢不勝檢、修不勝修」真正需立即汰換的舊漏管線。

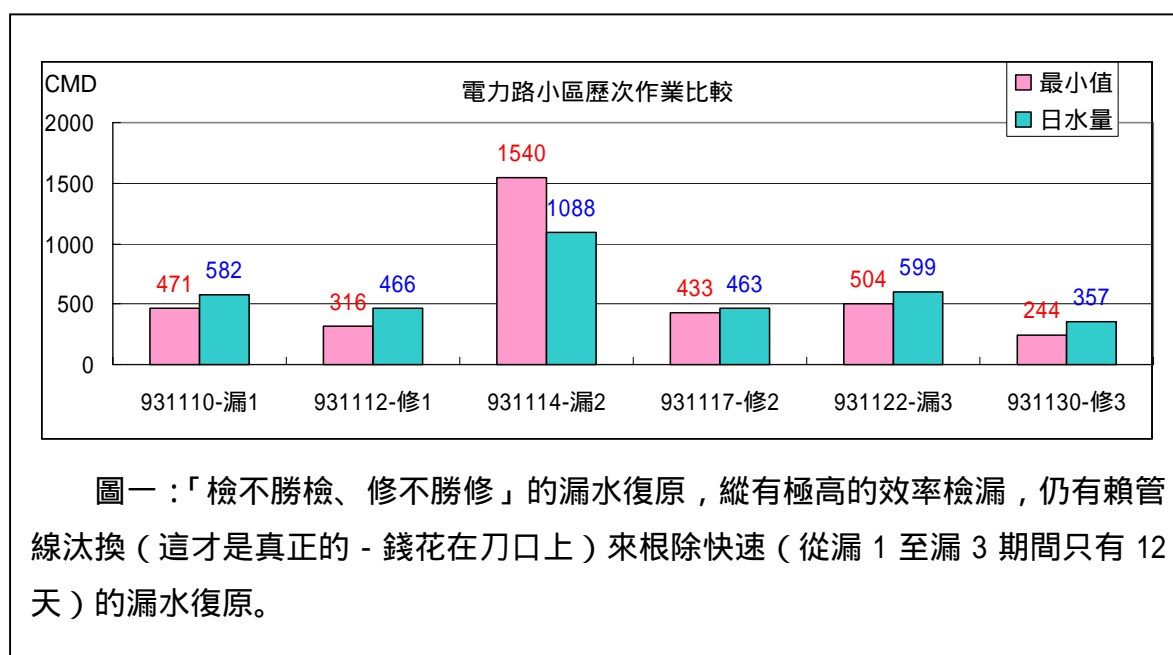
筆者例舉以下案例來說明：

（一）電力路小區（東興段管線）極高的漏水復原

本案例顯示縱有極高的效率檢漏，仍難抵管線老化所產生更快速的漏水復原（12 天內三次的漏水復原），小區計量值顯示其復原的嚴重性（詳表二；圖一），即所謂的「檢不勝檢、修不勝修」，若說有限的管線汰換經費要花在刀口上，則檢修漏的資訊最能突顯，尤其是對現場漏水原因的研判。

表二、歷次檢修漏比較

日 期	最 小 值	差 異	日 水 量	差 異	最 小 率	備 註
931110	471		582		80.9 %	漏一
931112	316	-155	466	-116	67.8 %	修一
931114	1540	1224	1088	622	141.5 %	漏二
931117	433	-1107	463	-625	93.5 %	修二
931122	504	71	599	136	84.1 %	漏三
931130	244	-260	357	-242	67.5 %	修三



而所謂「現場漏水原因的研判」，主要在排除非屬管線老化所產生的漏水，以避免個案單處的漏水，誤判為需花費

百萬以上的全線段管線抽換，如外單位施工損壞（詳圖二~五）。



圖二



圖三

外單位 RC 管槽橫越水公司管線致漏水。



圖四



圖五

下水道涵管下陷致水公司管線漏水。

(二)雙賢小區的效率檢漏與成效

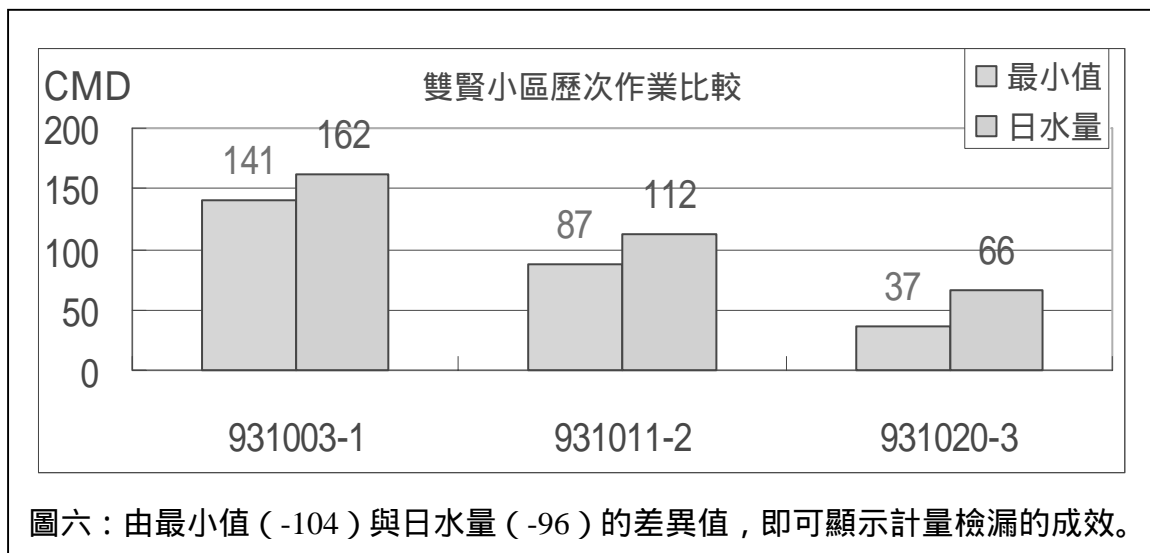
1.本案例之配水管長約僅 300 公尺，作業初始雖未蒐集用戶抄見量等相關資訊，然由最小流量率（87%）可知漏水嚴重。

2.由表三、圖六之作業比較：日配水量減少-96CMD，而該小區日配水量僅需 66CMD 即可滿足用水需求，減少水量漏失之效益達 145%（96/66），故由計量檢漏之成效即可評估是否應列入全線段的管線抽換。

歷次作業流量比較

(表三)

日期	最小值	差異	日水量	差異	最小流量率	備註
931003	141		162		87 %	基值
931011	87	-54	112	-50	77 %	
931020	37	-104	66	-96	56%	



圖六：由最小值 (-104) 與日水量 (-96) 的差異值，即可顯示計量檢漏的成效。

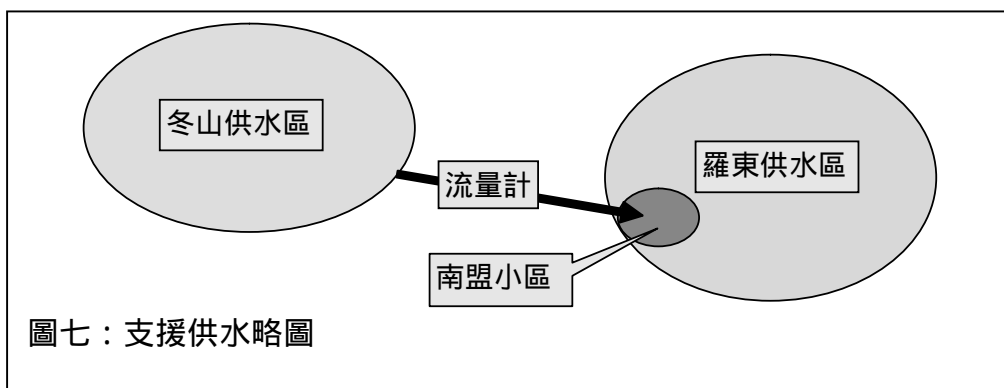
(三)南盟小區的區隔與漏水研判

小區計量首要在區域的有效區隔，而如何確認有效區隔，一般以「斷水工法」來驗證，即小區臨界閥均予以關閉，輔以水壓觀測及開啟區內消防栓即可確認。在無法供水情況下必然造成停水之不便，欲降低影響層面，只能以夜間來

測試。

本案例非以「斷水工法」來驗證，而採「計量值工法」來判定小區的完整性，謹提供參採並驗證小區檢修漏成果：

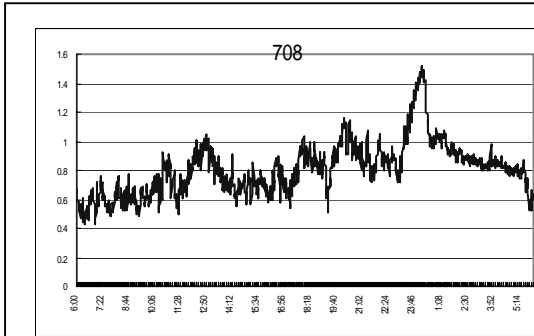
- 1.冬山供水支援南盟小區如圖七。



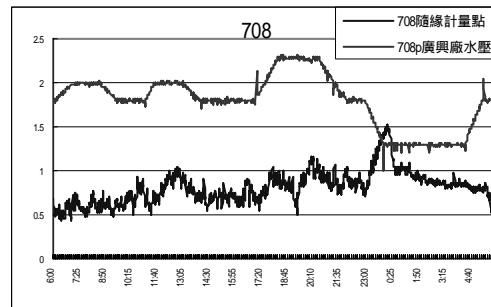
圖七：支援供水略圖

- 2.於 7/8 關閉臨界閥並計量之後，最小流量率達 94 % (最小值 754/日水量 806)，顯示漏水嚴重，但由 23:00 以後之瞬間曲線圖顯示極不合理 (圖八)。
- 3.遂下載羅東供水區廣興給水廠之出水

壓值，合併顯示當廣興給水廠於 23:00 降低夜間動力出水壓後，冬山供水區之重力壓即大於羅東供水區，而出現南盟計量點夜間瞬間值突增 (圖九)。顯示該小區仍有缺口並未完整關閉。



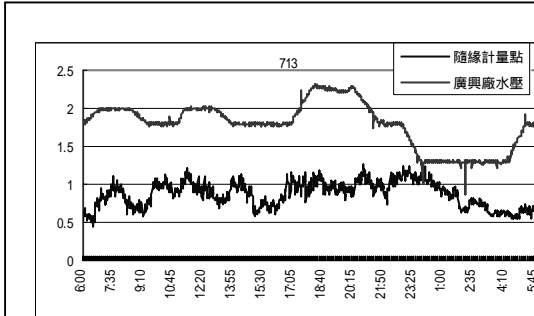
圖八：23:00 之瞬間曲線顯示極不合理。



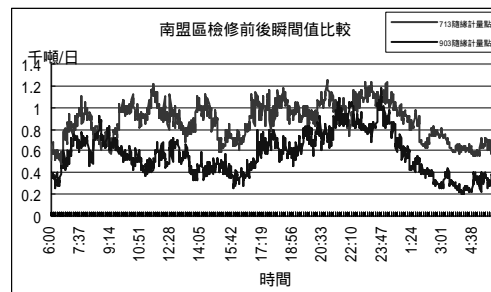
圖九：動力水壓與重力流量比較，即顯出未有效隔離的異常曲線。

- 4.當將該缺口閥關閉後，最小流量率 64 % (最小值 566/日水量 888)，顯示隔

離後無相關的瞬間值與壓力曲線 (圖十)。



圖十：區隔之後無相關的動力水壓與重力流量曲線。



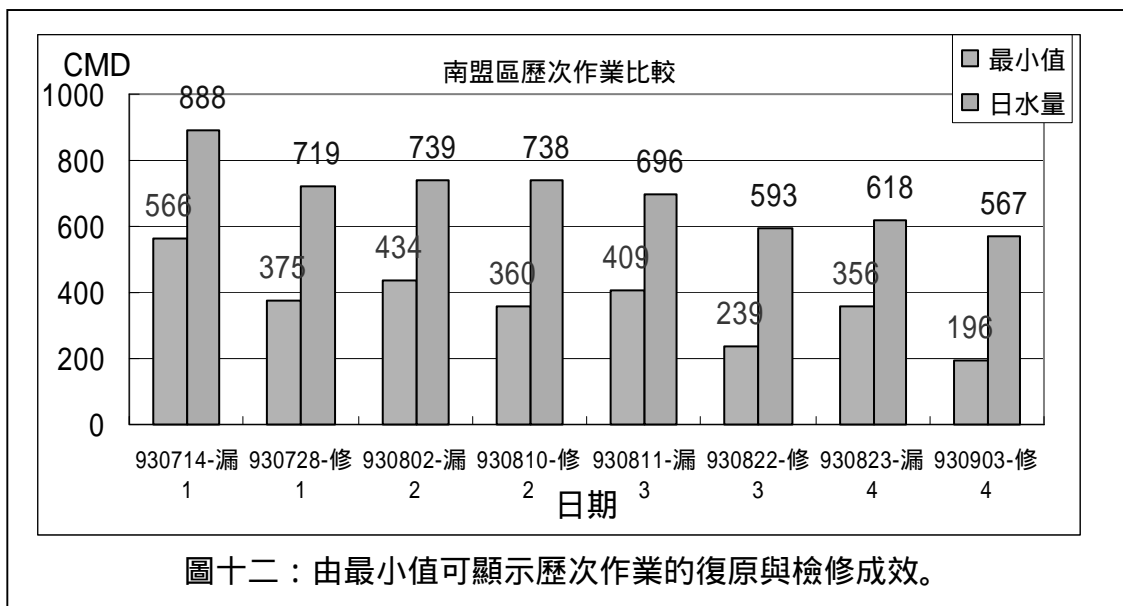
圖十一：檢修前後瞬間值曲線比較。

- 5.作業期間共經歷四次的檢漏循環 三次的漏水復原 (詳表四、圖十二)，於第四次 930903 才達到合理的水量值 (最小流量率 35 % = 最小值 196/日水量

567)，日漏水量共減少 321CMD (888-567)，檢修前後瞬間值曲線比較詳圖十一。

詳表四、歷次作業比較

日期	最小值	日水量	最小流量率	備註
930708	754	806	94 %	缺口計量
930712				有效隔離
930714	566	888	64%	漏一
930728	375	719	52%	修一
930802	434	739	59 %	漏二
930810	360	738	49 %	修二
930811	409	696	59 %	漏三
930822	239	593	40%	修三
930823	356	618	58 %	漏四
930903	196	567	35 %	修四



(四)東澳系統計量檢漏作業探討

本案例顯示，配水量監視與即時的

檢修漏即可維持高抄見率（詳表五），

並有效抑制漏水的增加。

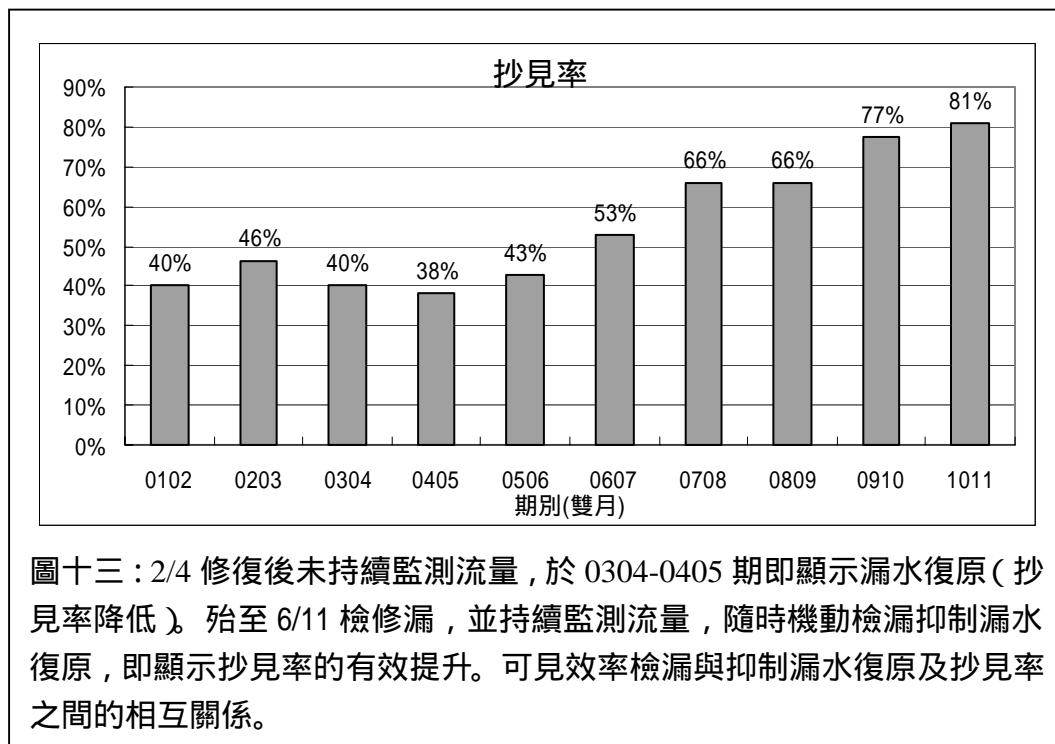
表五、抄見暨配水量統計表

單 月 值			雙 月 值				備 註
年月	抄見量	配水量	雙月-期	抄見量	配水量	抄見率	
9301	0	12990					
9302	8654	8634	0102	8654	21624	40%	2/4 修 1 件
9303	0	10128	0203	8654	18762	46%	
9304	8778	11714	0304	8778	21842	40%	
9305	0	11398	0405	8778	23112	38%	
9306	9146	10050	0506	9146	21448	43%	6/11 修 3 件
9307	207	7622	0607	9353	17672	53%	
9308	9494	7061	0708	9701	14683	66%	
9309	0	7342	0809	9494	14403	66%	
9310	11532	7573	0910	11532	14915	77%	
9311	0	6692	1011	11532	14265	81%	

分析說明：

- 1.9302 可知,當 2/4 修復 1 件地下漏水後, 2 月配水量即明顯降低 - $4356\text{M}^3/\text{月}$ (1 月 12900M^3 - 2 月 8634M^3); 平均日減少量 - 121CMD ; 期抄見率由 0102 的 40% 上升至 0203 的 46%。
- 2.之後未再持續監測日配水量,則 3 月配水量又開始增加 (即漏水復原), 日均配水量持續增加由 2 月的 298CMD 、3 月的 327CMD 、至 4 月的 390CMD , 期抄見率由 0203 的 46%, 降低至 0304 的 40%、0405 的 38%。

- 3.殆至 6/11 機動支援檢漏 3 件 (地下配水管漏水 1 件、殘存管 1 件、管套節 1 件), 日均配水量即有效降低, 由檢修漏前的 5 月 368CMD 、6 月間修復的 335CMD 、修復後 7 月的 246CMD 、8 月的 228CMD ; 期抄見率亦明顯增加, 由修復前 0405 的 38% 至修復後 0708 的 66%, 抄見率明顯突增 28%, 並持續上升至 1011 期的 81%。顯見有效的持續監測成果。
- 4.由圖十三之抄見率變化, 可驗證檢修漏的成效。



(五)量的比較 - 系統、大區、中區、小區的數值驗證

上述案例皆僅在強調小區域作業的成效，並未對由巨觀至微觀的整體數值演化來探討。本案例以 92 年 8 月萬德小

區 100 mm PVC-PE 裂縫漏水，來說明由大而小從羅東系統 三星大區 柑仔坑中區 萬德小區的數值演化（詳表六）。

表六、由系統至小區的檢修前數值演化

日期	羅東系統			三星大區			柑仔坑中區			萬德小區		
	最小值	配水量	%	最小值	配水量	%	最小值	配水量	%	最小值	配水量	%
16	63430	102799	62%	4958	7277	68%	1518	2427	63%	32	158	20%
17	66799	106043	63%	5149	7408	70%	1676	2518	67%	214	283	76%
18	66050	104888	63%	4846	7027	69%	1761	2491	71%	268	319	84%
說明	1.從羅東系統（轄 4 個大區）整體分析： 其 16 日與 18 日的最小值增加 2620CMD（+4 %）配水量亦增加 2111CMD（+2 %）最小率僅增加 1 %。數值顯示並無突增的趨勢。											

2.以三星大區（轄 5 個中區）比較：
 其 16 日與 18 日的最小值減少 112CMD(無異常跡象) 配水量亦減少 250 CMD (無異常跡象) 最小率僅增加 1% (於容許範圍內)。顯示無異常。

3.由柑仔坑中區（轄 6 個小區）而言：
 其 16 日與 18 日的最小值增加 243CMD (明顯增加) 配水量僅增加 64 CMD (未逾容許範圍) 最小率增加 8% (有偏高趨勢)。比較分析後列入持續追蹤。

4.由萬德小區觀之：
 (1)16 日的夜間最小值 32CMD - 為合理值、最小率 20% - 低於下限率 40% , 皆為常態的數值。
 (2)18 日的最小值為 268CMD、最小率 84% , 皆逾上限值, 明顯異常應即行檢漏。

經檢漏員於 19 日前行作業, 輔以分段測試 (STEP TEST), 於當日即檢出漏

水點, 並移請修漏單位修復, 係 100 mm 之 PVC-PE 漏水 (如圖十四、十五)。



圖十四：PVC-PE 受卵石（右側）擠壓致漏水



圖十五：100 mm PVC-PE 裂縫 14cm

經修復之數值詳表七。

表七、由系統至小區的檢修前後數值演化

日期	羅東系統			三星大區			柑仔坑中區			萬德小區		
	最小值	配水量	%	最小值	配水量	%	最小值	配水量	%	最小值	配水量	%
16	63430	102799	62%	4958	7277	68%	1518	2427	63%	32	158	20%
17	66799	106043	63%	5149	7408	70%	1676	2518	67%	214	283	76%

18	66050	104888	63%	4846	7027	69%	1761	2491	71%	268	319	84%
20	77573	107542	72%	4484	6694	67%	1501	2329	64%	28	139	20%
21	63878	106073	60%	4580	6772	68%	1582	2357	67%	30	108	28%
說明	經於 20 日修復，萬德小區之夜間最小值即已達合理範圍。柑仔坑中區之值亦已顯示降低趨勢。惟三星大區與羅東系統其供水區域廣大，因諸多因素，難謂因本件修復而產生漏水減少的因果關係。											

綜上所述，漏水警訊可由中區與小區的數值來顯示，考量經濟效益與人力運用的成本，以具線上功能的中區域範圍來逐日監測其流量數值，當異常趨勢增加時，再輔以小區現場計量來精確定位漏水區段並即時檢出漏水，此種作業模式最能突顯機動檢漏的效能與即時抑

制漏水量的累增。

四、發現與結論

(一)研究發現

由上述案例，可如表八比較出傳統檢漏與計量檢漏在現場實務作業上的差異。

表八、傳統檢漏與計量檢漏「模式成效」之比較

模式	傳統檢漏（作業區）	計量檢漏（責任區）
方法	一步一腳印的全面地毯式聽音檢漏作業	計量分析，針對有漏水區來執行精密的檢漏作業。
結果	1. 虛耗人力： 無漏水區域仍投入檢漏人力	1. 避免虛耗人力： 針對有漏水區域執行檢漏；無漏水或微漏水區域不需再浪費檢漏人力
	2. 良心檢漏： 檢漏員聽音檢測無漏即認定無漏水	2. 責任檢漏： 量化的數值明示檢漏員應檢出的漏水量，而非檢漏員認定無漏水即無漏水
	3. 成效不明： 漏水修復後，未再確認是否仍有漏水或漏水復原	3. 成效可驗證： 修理後是否已無漏水，藉由量化的數值可驗證並長期追蹤，以即時發現來抑制「漏水的復原」
	4. 抄見率低係漏水因素： 儘管一再的檢漏，卻無法提高抄見率，皆認定是檢漏不力	4. 抄見率的責任驗證： 藉由精密的計量分析檢測可確認漏水量之多寡，並可排除「低抄見率」皆歸責於係屬漏水之主因

企業經營者，常隨著外在環境的不同，而即時調整組織並改變其經營策略，其目標只有一個：增加獲利、轉虧為盈。國際上甚多此種成功的案例。

隨著科技的進步，「檢漏」亦應隨著提昇，在科技時代以「效率」來論檢漏，

可分為主動檢漏與被動檢漏，被動檢漏主要係以「抄見率」的高低來研判漏水的嚴重性，進而決定是否執行檢漏作業；主動檢漏則是以「最小流量率」的多寡來作為是否漏水的依據。兩者之間的過程與結果可由表九來比較。

表九、「效率檢漏」之比較

模式	被動檢漏	主動檢漏
方式	以「(低)抄見率」來決定	以「(高)最小流量率」來決定
發現過程	1.持續漏水期間達兩個月以上或數十天 2.低抄見率提出的前幾天已修復漏水	1.異常 1~2 日 2.以「最小流量」及「日配水量」為參考指標
檢修結果	1.漏水檢出與修復：長期漏水、損耗水資源 - 造成抄見率突降 2.虛工作業：漏水已修復	1.漏水檢出與修復：短期漏水 - 抄見率僅微降 2.無虛工作業
效率比較	低效率 - 無法即時反應漏水的嚴重性，並易造成誤判與人力資源的浪費	高效率 - 即時檢漏、水資源損耗少、有效應用人力資源

除了以最小流量與最小流量率為指標外，日配水臨界值亦屬之，即以其來作為常態監視，即能警示異常的發生，但是以科技儀器得到的區域漏水資訊，

終究無法找出漏水點，還是需藉由具專技的檢漏人員，來即時檢出漏水以減緩抄見率的持續下降，其漏水日數與抄見率的關係詳表十：

表十、日漏水量與月抄見率的關係

月抄見量	配水量		漏水天數	漏水量=配水量×10 %			漏水量=配水量×30 %		
	日	月		月漏水量	月配水量	抄見率	月漏水量	月配水量	抄見率
21000	1000	30000	0	0	30000	70.0 %	0	30000	70.0 %
21000	1000	30000	1	100	30100	69.8 %	300	30300	69.3 %
21000	1000	30000	5	500	30500	68.9 %	1500	31500	66.7 %
21000	1000	30000	10	1000	31000	67.7 %	3000	33000	63.6 %
21000	1000	30000	20	2000	32000	65.6 %	6000	36000	58.3 %
21000	1000	30000	30	3000	33000	63.6 %	9000	39000	53.8 %

由上表可知，當有異常量發生時，即應予以檢測並修復。以「漏水量=配水量×10%」為例：當漏水已發生 5 日才修復，則當月的抄見率已降為 68.9%；漏水 20 日修復，則當月的抄見率已降為 65.6%。而會持續增加的漏水量大部分是眼睛看不見的「地下漏水」。當「漏水量=配水量×30%」時，漏水 20 日才修復，其月抄見率已降為 58.3%，而此漏水量已成累積數值，抄見率並不會因漏水修復而恢復 70%。

(二)結論

傳統作業模式的漏水檢出並非一蹴可及，然藉由計量作業與效率檢漏於量的掌握與數值分析即可推知有無漏水，惟所謂的「效率檢漏」最終仍需仰賴有

經驗的檢漏員來檢出漏水點，若無充裕的檢漏人力，即由早期因不知漏水在哪裡？致須盲目的以地毯式搜尋檢漏，造成人力浪費；而今以計量作業與效率檢漏，則是得知漏水區，卻苦於檢漏人力之不足無法即時檢漏，同樣的，亦造成水資源的浪費與損失。

「人是企業最寶貴的資產，訓練是不會折舊的投資」，縱有高科技的網路即時流量、壓力等數位資訊與設備，它們終究只是工具，因為它們不會告訴你漏水點在哪裡？是故有足夠的檢漏人力與訓練，更必須「去蕪存菁」與排除檢漏人員的輪調制度，才能有效率的以專技的經驗累積與實務來抑制漏水的復原。

2002年4月25~26日在Swiss(瑞士) Re Ruschlikon - Centre for Global Dialogue 舉行的 The Ruschlikon Conference on Sustainable Water Management²大會,於總結報告中亦提到” Wasted water is our largest, cheapest water resource.” (浪費的水是我們最大、最便宜的水資源),足見積極的漏水防止是目前全球共同的目標。

五、參考文獻

- 1.中華民國自來水協會：日本水道協會、日本東京都水道局協助北水、台水提升有收率計劃初步報告,2002
- 2.The Ruschlikon Conference on Sustainable Water Management—final report : Swiss Re Ruschlikon - Centre for Global Dialogue , 2002

自來水管線漏水檢測方法

林尚祺*

一、前言

近年地球自然環境變遷，造成全球性氣候異常，台灣地區九十三年十二月份遭三十年來首次颱風侵襲，九十一年、九十二年亦發生近二十年來罕見旱災，雖然台灣平均年雨量豐沛，為世界平均值二至六倍，惟受限於地形因素，地狹人稠，每人每年可分配之水資源僅約為世界平均值六分之一。因此對於提升水資源運用效率，減少不當漏水，已成為政府相關部門目前推動的重要工作之一，更是自來水工程未來當務之急。

就歐美日先進國家為例，降低漏水率非一蹴可幾，以日本東京都而言，一九五〇至二〇〇〇年間，每年投入超過二百億元改善與漏水有關之資本支出，漏水率由三〇%下降至七.一%，可以了解到，本項工作就成本與時間而言，皆所費不貲。

雖然藉由計量作業可分析出有無漏水，惟最終仍須由檢測人員找出漏水點，本文經蒐集相關文獻，及目前工業界開發之相關檢測漏技術設備，將這項先進國家自來水營運管理所須具備的核心技術，作一整理比較，以便提供為各

自來水事業參考之依據。

二、管線漏水原因

2.1 漏水發生原因：

漏水現象發生於管網系統各環節，從輸配水管、給水管、水表、閘栓均可能發生漏水；管線漏水發生原因，一般可分類如下：

(1)管材老化：金屬管線腐蝕（管內金屬及內襯腐蝕，埋設外在土壤環境腐蝕）等因素皆可能造成水管接頭脫落、管線破裂、腐蝕、電蝕等事故造成漏水，管材老化為管線漏水最重要因素。

(2)天然災害：地震、洪水之發生時，因地表加速度、地層及土壤變動（地裂）、土壤液化、邊坡滑動等因素，造成管線設施損壞，依據日本及台灣地區經驗，管線損壞現象包括，接頭拉脫或擠壓變形（變位超過容許撓度、撓角）、管體扭曲變形（地裂帶）、水管橋等土建設施銜接處漏水、閘體變形無法操作等。

(3)操作或意外因數：管網系統中管線承受外載重及管內壓力，外載重如車輛、施工意外、地盤（土壤）變位、溫度變化、地下水等，管內壓力如至水閘

*臺北自來水事業處工程總隊工務科工程員

操作之水錘、管內壓差等。部分地區則為保障用水穩定、提高服務品質，提升供水系統壓力，進而加速發生漏水量增加情形（臺北自來水供水管網改善計畫期末報告,2004年;Larry W. Mays 2000）

(4)施工品質不良：施工中如管線基作處理不當、管線裝接不良、回填不佳、固定臺施工缺失等因數，皆為日後管線漏水埋下伏筆。

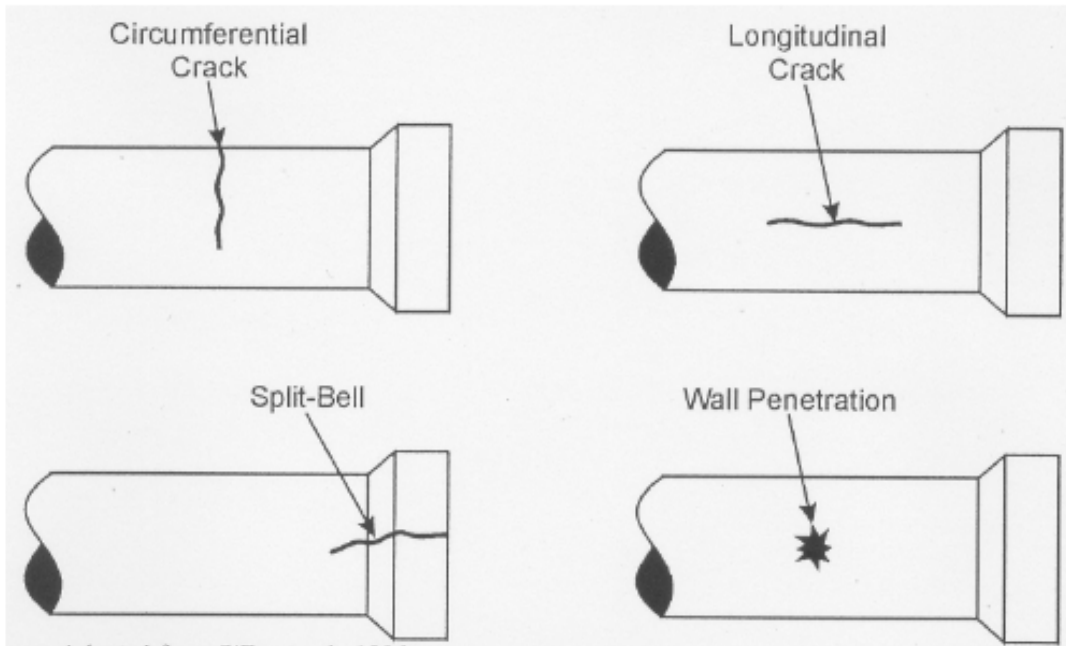


圖 1. 各種漏水形式（摘錄於 O' Day et al.,）

2.2 常見漏水形式：

漏水形式最簡單分類法分成可目視及不可目視二大類，當管線漏水至地表面目視即可發現時，一般是先經由民眾通報事業單位，可目視之漏水通常已經影響來往人車安全，必須辦理緊急搶修；不可目視的漏水則經常沿著最小阻力處，於地面下四處漫流，最後流入至溝渠、河川及廢棄未拆之舊管，漏水發生時通常起始漏水量極小，隨著時間增加漏水量漸增，一般地下漏水平均生命週期約為二年（Manual of Water Supply Practice.1999），直到冒出地面甚至路面掏空後才被發現。

三、檢測方法

漏水檢測工作，依處理方式可分成事前主動預防、事後被動處理二種方式；主動方法係依據管線材質、使用年限，藉助現代化測漏設備，對供水區域內所有配水管與給水管，實施分區循環地下漏水檢測作業，以期及早查出地下漏水點，進行開挖維修，以確保供水管線安全；被動方法則為發生水壓降低、水管發出雜音、甚至管線漏水至地表面後，才緊急派員搶修，此消極控制方法雖然花費檢測成本最低，但僅適用水費低廉地區或漏水易被發現之地質狀況地

區。

3.1 檢測步驟：

漏水檢測工作則可分成三階段（駱尚廉等，1997年）：

(1)漏水區域調查：採用質量守衡定律的原理，由供水區域之流量計讀取流入之水量，以及區域抄表計量，判斷無用費水量及漏水量。

(2)漏水管線檢測：確定嚴重漏水區域後，以儀器偵測水管、錶、閘栓，判斷漏水區域或管線。

(3)漏水點檢測：藉由本階段精確地偵測出漏水點，可大幅減少開挖面積及次數，通常精確性只要在漏水點半徑一公尺範圍內，即可辦理管線休漏作業。

3.2 檢測儀器：

漏水檢測機具包羅萬象，最傳統原始之工具如聽音棒，最先進精密的儀器則利用電腦系統加以分析，至於漏水點應如何發現？可由漏水發生時之物理或化學現象推論，例如聲音強度、頻率、水壓、流量、餘氯、溫度及管內影像等，一般常用檢測儀器如下：

3.2.1 聽音作業：

聽音作業為檢漏工作最傳統、基本的工作（Dan Ellison. 2001.），由於自來

水管線屬於壓力管線，若漏水發生從裂縫噴出時，會造成能量釋放現象，發出頻率 500Hz 至 800Hz 的聲音，聲音藉由管材、土壤傳遞至地表面後，因能量減弱頻率降低至 25Hz 至 250Hz；影響聲音傳遞效果包括管內水壓、管材、管徑、土壤、地表種類等因素，一般而言水壓必需大於 1.05kg/cm² 漏水才可由聽音法偵測出 (Wallace, 1987)。金屬管材比非金屬管材較易傳遞聲音、沙土比黏土易傳遞漏水聲音、人工鋪面 (瀝青、水泥) 比草地易接收聲音。

(1)聽音棒：本設備使用歷史已超過百年，因不具有擴音效果，必須直接接觸於閥、栓或自來水管，又稱為直接聽音法，經驗豐富檢測人員藉由「共振」原理，接聽漏水聲音即可推斷大略漏水位置，本方法操作簡易、花費成本低廉，惟檢測人員必須接受訓練始能正確判斷漏水點位置。



圖 2.相關式漏水探測法 (摘錄於日本富士地下情報公司)

(2)電子聽音器：本方法將聲音利用電子儀器轉換、擴大、濾波等原理，將儀器補音器接收漏水聲音，傳收至檢測人員耳朵，檢測人員只需在管線上方路面即可施行檢測，無須直接接觸管件，又稱為間接聽音法；目前新型儀器更增設音頻分析及抗干擾功能，大幅提升檢測準確性。

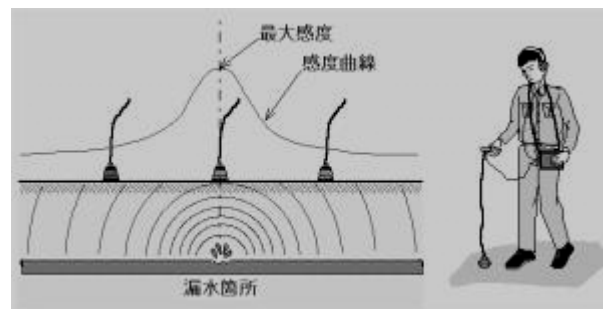


圖 3.相關式漏水探測法 (摘錄於日本富士地下情報公司)

3.2.2 聽音、電腦分析作業：

(1)相關式漏水探測機：當用聽音法確認管線漏水後，於漏水管線上的兩個閥栓裝設補音器，利用電腦分析振動聲音而計算出漏水位置；本方法英國 WRC 及日本東京水道局均曾經研發成功。



圖 4.相關式漏水探測法 (摘錄於日本富士地下情報公司)

(2)長時間漏水音紀錄器：藉由漏水聲音之連續性，利用電腦分析漏水，由英國 Palmer Environmental 公司研發之儀器；日本東京水道局亦研發出類似技術，稱為「時間積分法」。

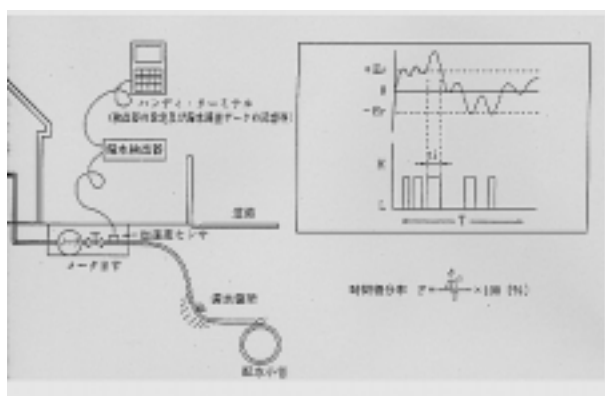


圖 5.長時間漏水音紀錄器 (摘錄於日本水道協會)

(3)振動紀錄器：將儀器安裝於閘柱上，讀取傳遞到管線振動聲音，藉由頻率圖分析漏水；本方法於歐洲、亞洲地區均曾使用。

3.2.3 紅外線熱感應作業：

紅外線作業係利用大氣環境與漏失水流二者間之溫度差異，偵測出有無發生漏水現象；即使漏水量不大尚未滲漏至地面，只要地表面溫度稍微變化，即可利用本儀器測漏，惟本儀器十分昂貴且人員必須接受訓練。

3.2.4 化學作業：

(1)餘氯法：本方法適用於農業灌溉區，地面上有大量不同於自來水的其他含水量；當漏水發生時，檢測人員使用儀器偵測出地表水含有餘氯，即可確認發生漏水。

(2)氫氣測漏法：氫器不存在於自然環境中，且對人體無害；本方法將氫器注入管線內，藉由於地面偵測外洩氣體，間接發現漏水點。

(3)氫氣測漏法：本方法與氫氣法原理類似，二者差異在於氫氣屬於危險氣體，操作時需十分小心。

3.2.5 其他作業：

(1)透地雷達測漏法：本方法係利用電波，分析地下實際狀況，當管線漏水於地面下形成積水坑，或沖刷掏空土壤，即可由電波顯現之影像變化判斷漏

水；此外透地雷達亦可精確地偵測出水管位置。

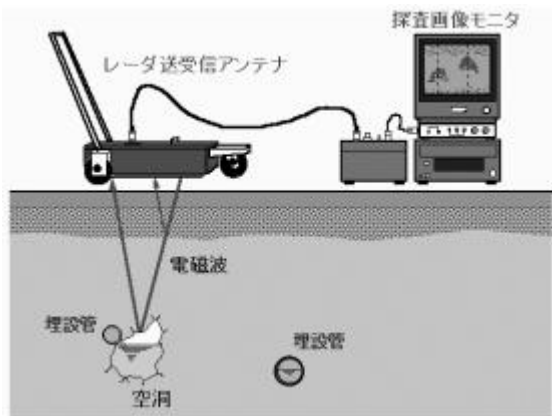


圖 6.透地雷達測漏法（摘錄於日本富士地下情報公司）

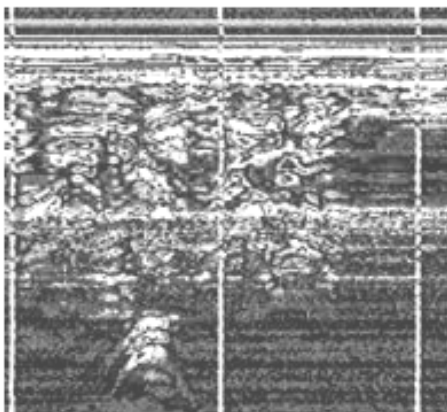


圖 7.透地雷達測漏法調查結果（摘錄於日本富土地下情報公司）

(2) Sahara 系統：本方法係由英國 WRC 研究中心研發，適用於偵測大管徑（> 250mm）多種管材質（鋼、鐵、PVC、MDPE、GRP、PCCP）之測漏系統，本儀器具有高感應度（同一線段之不同漏水點均可偵測出）定位準確（降

低施工成本及減少停水區域）訊號即時回饋、漏水點大小預測，評估修漏方法（提供搶修之時效及必要性）供水無需中斷且不會擾動管壁水垢等優點。

本系統藉由聲音感應器進入管線內，直接偵測漏水位置並評估漏水量大小，最遠偵測距離達 2000m。

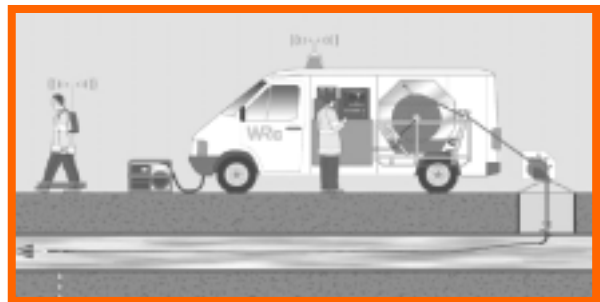


圖 8. Sahara 系統（摘錄於英國 WRC）

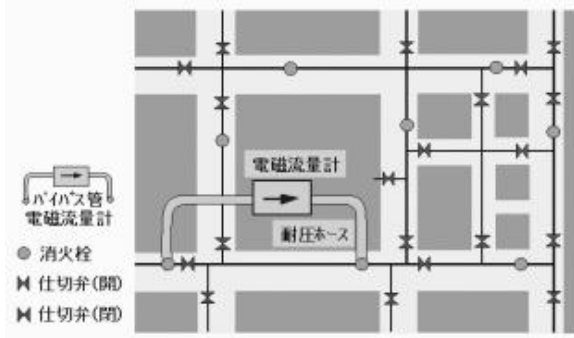
雖然本系統側漏精確度高於其他傳統方法，但儀器本身尺度受限於成本因素，操作時仍具有以下限制：距離（小於 2000m）、水壓（小於 20 kg/cm²）、管徑（由 250 至 1800mm）、管路路徑（彎曲度）、埋設深度（小於 2m）等。

(3)計量工法

將預計調查情況測定區域的制水閥，連接迂迴路管路，根據測量通過管路的水量，掌握區域內的漏水量的施工方法。

利用如可移動之電子流量計測量水。利用在迂迴管路的中間設立流量計，測量通過管路內的水的水壓和流

量，並以量測量為基礎計算漏水量。為本項工作應配合良好的管網管理，包括納入管網區塊化 (block) 之理念，以便獲致良好成效。



調查概要示意圖



調查狀況

(摘錄於日本富士地下情報公司)

四、影響檢測作業因素

每種檢測方法各有優點及限制，結合各種偵測技術可克服單種檢測方法的盲點，檢測工作經常遭遇遭遇困

難如下：

1. 外在環境：

傳統式聽音法，因受限於都會地區交通、噪音及路邊停車影響，對配水管線無法全面聽音測漏，無法全面落實執行。

2. 內襯管線：

近年都會地區開挖困難，利用免開挖工法進行管線更生為未來發展趨勢，因此內襯更生管線的複合材料特性是未來檢漏技術克服的項目之一，且漏水的位置可能因自來水沿著原管材、內襯管材之間的空隙漫流使檢測更困難 (Lawrence A. Smith 2000.)

3. 非金屬管材：

非金屬管材對於聲音傳遞的效果遠低於金屬管材，因此必須利用較低頻率的偵測器才可有效率的辦理檢測工作。

4. 地層界面偵測條件：

地下土壤變化、夾層、地形變化等，所偵測之訊號，需經過濾波校正，並由經驗豐富之操作者判斷。

5. 偵測位置及管線位置：

採用聽音法漏水偵測時，須先行探之正確管線位置，並由漏水點兩側偵測，因此這兩項因數常因地表條件及偵測技術左右正確性。

6. 管線多點裂縫：

偵測技術理論上係依據管線單點裂

縫為準，對於多點裂縫距離靠近時，將影響偵測之正確性。

五、結論及建議：

目前科技日新月異，由自來水事業單位引進國外先進電子偵測儀器，結合管線地理資訊數值系統，評估管線適用年限，配合小區計量辦理小區檢測，並鼓勵民間人力、資金參與辦理檢測試辦工程，找尋出適合台灣地區的檢測方法，應可大幅縮短漏水改善期程，提升管線維修效率，除可避免產生水質污染風險，並有效減少水源浪費之效益。

近年來全球天候異常，台灣地區自來水雖然價廉，卻是珍貴的資源，對於相較於先進國家而言，台灣地區漏水率相當可觀，對於鋪設相當時間的給配水管網，需計畫性辦理汰換，近期省水公司及北水處皆投入相當資源，從管線汰換更新、分區計量、小區檢測等，亦包括納入管網區塊化（block）之理念，惟其中檢測漏仍為基本核心技術，希望藉此能有效運用水資源，達成節約水資源之目的，本文一方面除回顧簡介各國檢測漏技術，另一方面期望產業界亦能及起直追，達成產業升級符合國內需求。

參考文獻：

1.郭瑞華、郭復勝、陳增福、王炳鑫、

- 郭建華、林俊雄、吳朝輝、陳亦能、曾盛一，2002年，「如何減少無計費水量之研究」，中華民國自來水協會。
- 2.駱尚廉、林文淵、陳亦能、楊昆霖、廖淳廷，1997年，「減少漏損及無費用水之經濟研究」，中華民國自來水協會。
- 3.臺北自來水供水管網改善計畫期末報告，2004年，臺北自來水事業處，巨廷工程顧問股份有限公司。
- 4.日本水道協會，1998年，水道維持管理指針。
- 5.Dan Ellison. 2001. Distribution Infrastructure Management: Answer to Common Question. American Water Works Association.
- 6.Lawrence A. Smith、Keith A. Field、Abraham S. C. Chen、Anthony N.Tafari. 2000. Options for Leak and Break Detection and Repair of Drinking Water Systems.
- 7.Larry W. Mays. 2000. Water Distribution Systems Handbook. McGraw-Hill.
- 8.Manual of Water Supply Practice.1999. Water Audits and Leak Detection. American Water Works Association.
- 9.Wallace, L.P. 1987. Water and Revenue Losses: Unaccounted for Water. American Water Works Association Research Foundation, Denver, CO.

高層建築用水之探討

吳天瑛*

一、前言

臺灣地區土地面積不大，人口稠密，都市人口聚集。加以土地昂貴，建造摩天大樓或高層建築是一項不可避免之趨勢，高層建築是由美國芝加哥市開始，1885 年建成，樓高 11 層，是磚石自承重及鋼框架結構。吾人所熟知的紐約帝國大廈 102 層，高 381 公尺，1931 年建成。1976 年建造完成的紐約世貿大樓 110 層高 411 公尺，不幸於 2001 年 9 月 11 日遭恐怖份子攻擊而夷為平地，芝加哥西爾斯大廈 110 層高 443 公尺，目前為全美第一高樓。東南亞之馬來西亞吉隆坡市雙子星大樓 1996 年完成，88 層 452 公尺高。臺灣最高樓為台北市之「台北 101」，樓高 508 公尺。目前為世界第一高樓。

高樓已成為城市之地標，鄰近的商業活動變得更熱絡，亦有人說是國家競爭力的表徵，惟隨著紐約雙子星大樓之倒塌，汐止東方科學園區大火，高樓的高度、給水、排水、消防空調、材料的防火性及耐候性等，均要考慮週詳，雖然仍有一些城市持續計畫興建世界第一

高樓，對於自來水的供應仍值得討論。

台北市歷經 91 年及 92 年乾旱，各地區水源並不充足的問題，已使居民及自來水供應者，了解到節約用水的重要，並朝向節水型都市邁進。「台北 101」率先使用中水系統(回收雨水及污水)，每日約可節省 800 噸自來水使用量，同時每日亦可節省 800 噸污水排放量。每日節省之用水量約相當於 800 戶家庭一日之總用水量，可作為學習之標竿。

二、高層建物用水設備內涵

一般而言，基本上為供應用戶所需自來水之設備，稱為用水設備。依自來水法第二十三條，亦即由配水管或配水支管裝接之分水管(包括進水管及受水管)、量水器、開關、分水支管、衛生設備之連接水管，及各種管件與閘栓等之總稱。一般所稱之水池、水塔等亦含於經濟部九十三年發布之「自來水用戶用水設備標準」。

(一)用水設備構成

1.表前用水設備

由配水管分水栓至水表間之接水裝置，含分水栓、進水管、水表、

* 台北自來水事業處供水科配水股長

止水栓等。

2.表後用水設備

由水表至給水栓間之用水裝置(建築物內部),含受水管、分支水管、衛生設備連接之水栓、水閥等。

(二)設置用途

- 1.確保居住者之健康、安全與衛生。
- 2.居住者或使用者必須使用自來水。
- 3.各種衛生設備為獨立單元,並設置有洗手間。
- 4.設置水源連接點,供當地自來水事業連接配水管,並裝表計量。

(三)環境因素

- 1.所承受之地震力、風力較強。
- 2.最頂層與最底層水壓差較大,水須經由增壓或減壓處理。
- 3.建築物部分空間設置有電器設備、電梯、空調、抽水機及消防設備等。
- 4.消防設施需完備,以避免危險。
- 5.須經常維護與管理,保持正常操作。

(四)設計基本原則

高層建築與低層建築不同點,在於高度較高和水必須由幫浦加壓送達,如何使住戶或使用者感受便利性,需考量以下事項:

- 1.安全衛生:包括設備及水質,同時應考慮日後維修人員之安全。
- 2.供水可靠:水質符合飲用水標準,供水至各使用水栓,須滿足最大時用水量之需求及適當的水壓。另不停水亦是設計重點。
- 3.經濟性:選用管材及各項設備,須考量其耐久性。
- 4.操作簡單:使用愈簡便,系統愈安全可靠。
- 5.穩定性:維修容易,用水設備能抵抗地震力或風力造成變位,避免使接頭有鬆脫情形。
- 6.符合法規:管材、管件及機電設施符合當地用水設備標準。
- 7.系統獨立:分區供水採用區劃的觀念,並絕對要求與其他非自來水系統要分開。
- 8.污染防止:設備設置應避免水質遭受污染。

三、高層建物用水設備之管理

(一)管理之理念

高層建物一經興建完成,即應採永續發展之理念經營,高樓用水設備如發生問題,使用者所感受的不便與情緒低落之情形,甚於低樓層。再者,用水設備提供安全衛生的自來水,更應維持使用的安全,避免造成使用者的恐慌與不

便，並使其使用壽命得以延長。

(二)管理制度

大樓除冷水系統外尚有排水、熱水、機電、消防及空調等系統，無論各系統均需穩定操作，應能設置即時維護管理之監控系統，以掌握進水端進水情形、加壓設施操作情形及各用水端之使用情形，一旦發現有狀況可迅速修復及排除問題，以提供優質服務。

(三)設計施工配合

- 1.選用較耐久性、耐火性及耐候性材料。
- 2.供水採區劃 (Zoning)，保持各樓層適當的水壓。
- 3.為利維修作業應預留適當的維修空間。
- 4.為清洗水池水塔，避免停水，應保持備用容量。
- 5.管件接合處之水壓試驗，應嚴格執行。
- 6.供應消防或空調用水應設雙重逆止閥，以避免污染水質。
- 7.設備完成後，應將竣工圖建檔，對於閥栓、水池水塔、管道間及檢修孔等均應由管理單位統一管理。

四、高樓用水設備之比較

目前，國內三大高樓之用水設備與

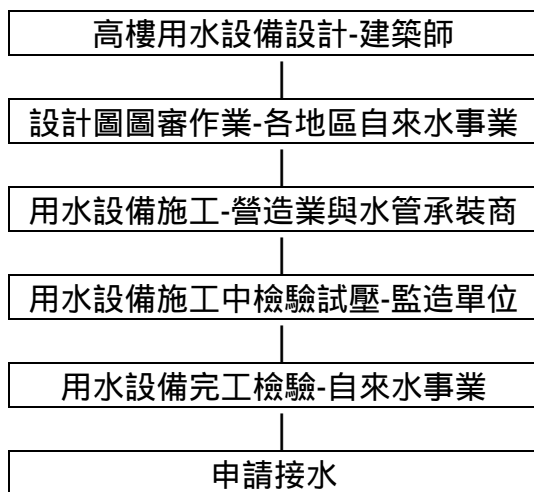
一般吾人所熟知的間接給水加壓方式是相同的，所不同的為加壓幫浦馬力數較大，水池水塔數量較多，另外為了使水壓維持在穩定值須設減壓閥，其數量亦較多。以下為國內三大高樓之比較。

表一 高樓用水設備比較表

樓名 項目	台北 101	高雄 85 國際廣場	台北新光 站前大樓
水源	自來水	自來水	自來水
樓層數	101	85	51
樓高 (公尺)	508	350	244
總表數	2	2	1
給水量 (m ³)	3300	5000	2400
加壓方式	泵加壓 由蓄水池加 壓送至第一 中間水池， 再接續加壓 送至高層水 池	泵加壓 由蓄水池加 壓送至第一 中間水池， 再接續加壓 送至高層水 池	泵加壓 由蓄水池 加壓送至 各中間水 池
水池水 塔數量	20 座 (部分 樓層為二套 供清洗用)	14 座 (部分 樓層為二套 供清洗用)	8 座
給水 方式	重力	重力	重力

五、用水設備的管理流程

高層用戶用水設備，自來水事業為保障其安全，在設計之初已依相關法令辦理審查，針對用水量、進水管口徑、揚水管口徑、水池水塔容量、各層水管口徑及各閘栓設置位置加以審查，審查合格後開發單位始依據設計圖施工。施工中授權監造單位測試水壓，自來水事業單位至完工後始介入檢驗，最後經檢驗合格之案件，始可申請接水，繳交表前用水設備施工費用後，成為自來水用戶之一，以下為流程圖。



圖一 用水設備管理流程圖

六、結語

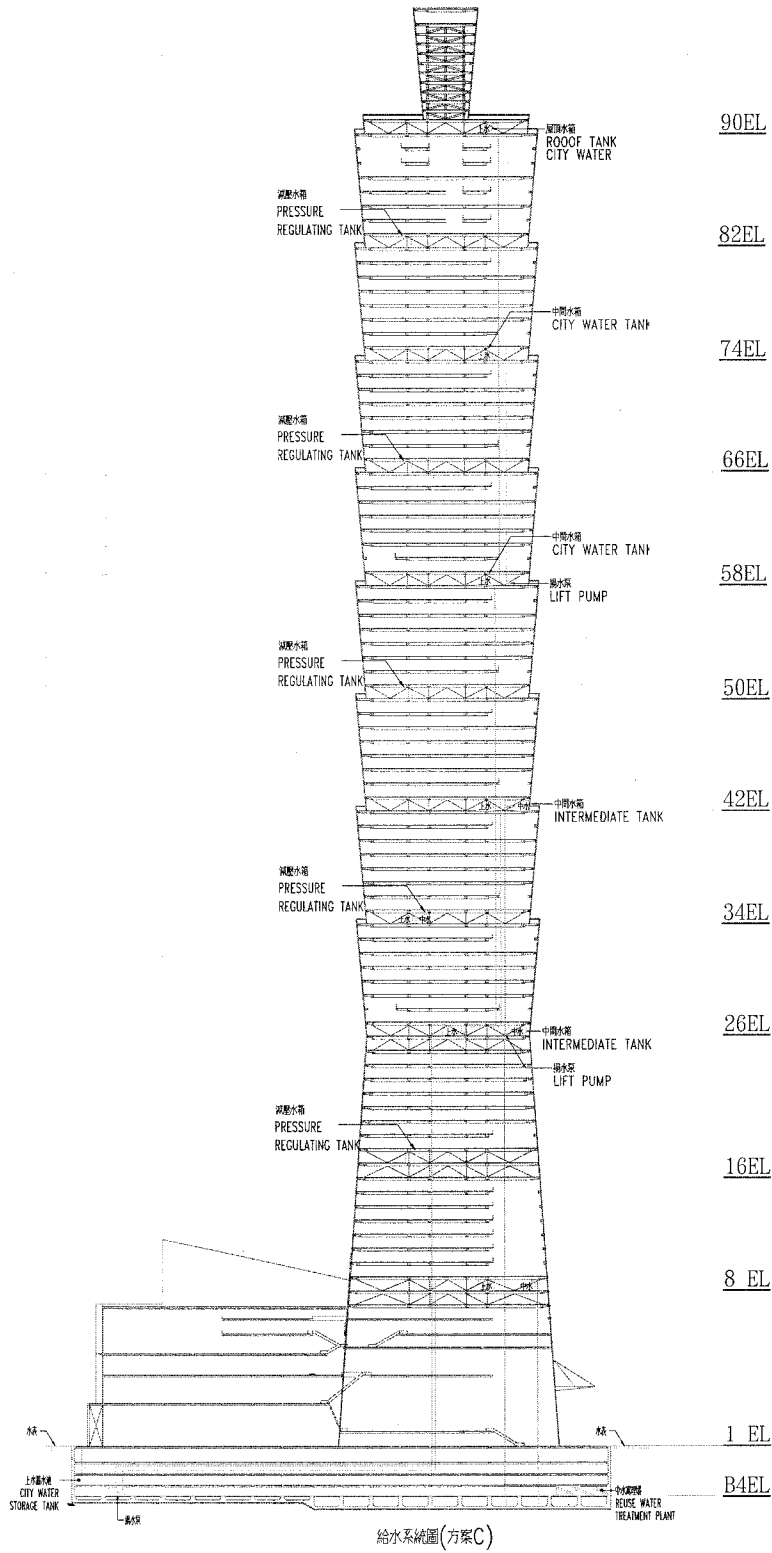
自來水事業除供應民生用水外，對都市而言是都市維生線，在現今水源開發不易之情況下，「台北 101」率先施

作中水系統，不僅可以節省自來水之使用量，亦可減少污水排出量，對高樓設計者而言具有典範作用。

一棟高樓之興建並非短時間可完成，興建前之設計與之後的維護管理同樣重要，對自來水事業之營運管理而言，掌握大用水戶之用水情形，是經常要注意之工作。從事高樓設計的設計師，往後設計大樓用水設備時，必須以更嚴謹的態度面對，同時參考已興建完成的案例加以改善。

參考書目：

1. 林俊茂譯，超高層大樓設備設計，台北，徐氏基金會，民國 68 年。
2. 駱尚廉、楊萬發編著，環境工程（一）自來水工程，台北，茂昌圖書公司，民國 89 年。
3. 臺北自來水事業處，用水設備設計施工檢驗作業規範，台北，臺北自來水事業處，民國 87 年。
4. 江永榮，日本直接給水系統準則簡介，自來水協會會刊第 21 卷第 2 期，台北，中華民國自來水協會，民國 91 年。



附圖：「台北 101」用水設備昇位圖

中華民國自來水協會第十五屆理、監事會

第九次聯席會議紀錄

時間：民國九十三年十一月十六日
(星期二) 下午三時卅分

地點：省自來水公司第四區管理處
會議室(台中市雙十路二段
二號)

主席：李理事長^{錦地}

出席理事：李錦地、謝啓男、張 豐
賴文正、陳錦祥、吳振欽
宋金順、齊景新、王文賢
黃金山、陳榮藏、林芳松
林文暉、黃慶四、盧清雄
廖宗盛、楊水源、楊清和
施澍育、郭悅富、洪武雄
王桑貴、王國堅、楊華堃
黃進財

出席監事：李公哲、劉鏡春、王炳鑫
胡南澤、趙文雄、鄭國華
沈明鋒

請假理事：蔡輝昇、陳福田、林 岳
蕭江碧、葉宣顯、駱尙廉

請假監事：郭瑞華、吳陽龍

列席人員：許培中、張宜勝、王魯人
蔡麗僕、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：詳如議程書
面資料。(略)

結論：

1.駱尙廉委員主持之專案研究
「飲用水中總溶解固體量與
總硬度含量水質標準之檢討
研究」請駱教授摘要交由本
會函環保署參考。

2.技術研究委員會報告第四項
杜方裕股長研究案報告「改
善淨水硬體設施以提升沉澱
效率之研究」請劉家堯委員
依「獎勵自來水事業實務專
題研究辦法」召集審議小組
審定獎勵金額。

3.餘洽悉。

(三)會務報告：詳如議程書面資
料。(略)

結論：洽悉。

三、討論事項：

壹、第十五屆理、監事會第九次聯席會議提案：

一、案由：本會服務組檢驗師兼代組長張宜勝簽陳優惠資遣一案，擬依本會九十年年度檢驗人員精簡人力案發給一次資遣費，可否？請討論。

決議：通過，陳報內政部核准後辦理。

二、案由：本會服務組檢驗員李啓銓簽陳優惠資遣一案，擬依本會九十年年度檢驗人員精簡人力案發給一次資遣費，可否？請討論。

決議：通過，陳報內政部核准後辦理。

貳、第十五屆第三次會員代表大會預備會議提案：

一、請審查本會第十五屆第三次會員代表大會各項提案（案由、說明及辦法）請參閱第十五屆第三次會員代表大會手冊提案計四案（各案內容自第三三頁至五三頁）

審查意見：

1.提案第一號：請通過本會九十二年度歲入歲出決算案，審查意見：照辦法提請大會討論追認通過，並函報內政部核備。

2.提案第二號：請通過本會九十四年度事業計劃案，審查意見：照辦法提請大會討論通過，並函報內政部核備後實施。

3.提案第三號：請通過本會九十四年度歲入歲出預算案，審查意見：照辦法提請大會討論通過，並函報內政部核備後實施。

4.提案第四號：請酌於補貼會員自費參加國外自來水年會人員費用及參加人員公費與自費申請公假天數能一致，以達公平合理。

審查意見：

(1)目前協會財務困難，待經費充裕時再議。

(2)公假部份由協會函兩自來水事業單位參酌。

二、請推定本會第十五屆第三次會員代表大會暨第卅七屆自來水節慶祝大會主席團主席人選案及各項會議主持人、各項頒獎項目頒獎人：

決議：

1.推請李理事長錦地為大會主席團當然主席，並推定常務理事蔡輝昇、陳榮藏、謝啓男、盧清雄、黃金山、黃慶

四、張豐、廖宗盛及監事會召集人李公哲、常務監事郭瑞華、沈明鋒、大會籌備會主任委員林芳松等為大會主席團主席。

2.推請各項會議主持人：

(1)理事會工作報告主持人：沈常務監事明鋒

(2)事會工作報告主持人：陳常務理事榮藏

(3)案討論及臨時動議主持人：謝常務理事啓男

3.請理事長主持左列各項頒獎項目：

(1)對自來水事業發展有特殊重大貢獻人員：

營運管理—臺灣省自來水公司黃副總經理慶四
工程技術—臺北自來水事業處李副處長泰雄

(2)服務年資悠久人員：

服務年資四十五年

服務年資四十年

服務年資三十年

服務年資二十年

(3)績優廠商中字環保工程股份有限公司

(4)自來水杯康樂活動比賽優勝

歌唱

象棋

四、臨時動議：無

五、散會：下午四時五十分。

中華民國自來水協會第十五屆第三次會員代表大會 暨第三十七屆自來水節慶祝大會會議紀錄

時間：九十三年十一月十七日上午
九時

地點：臺灣省政府中興會堂

出席人員：應出席會員代表三二人，
出席會員代表二三八人，另
個人會員參加自來水節大會
四六二人（詳如簽名簿及報
到簿）

貴賓：經濟部水利署陳署長伸賢、
南投縣縣政府林秘書學仕、
臺灣省自來水公司謝總經理
啟男、陳常務理事榮藏、林
諮議委員克俞、臺灣省自來
水公司黃副總經理慶四、臺
北自來水事業處李副處長泰
雄、水管工會理事長周敏雄
日本水道協會專務理事赤川
正和龜田宏、松木隆一、中
野航士郎、金子磨古刀

主席：李理事長錦地

記錄：林美智、李彩梅

議程：

甲 第三十七屆自來水節慶祝大會 典禮

一、典禮開始

二、主席致詞

今天非常高興在中興會堂召開中華民國自來水協會第十五屆第三次會員代表大會，並慶祝一年一度自來水節。藉此全國各地自來水從業人員能夠齊聚一堂，切磋交流，從剛才會場內外大家交談的熱絡情況，顯示我們是非常和諧團結之大家庭。

臺灣的自然條件和地理環境變化很大，以前是枯水期會缺水，現在是豐水期颱風災害造成缺水，使我們自來水界面臨非常嚴峻的挑戰，本人承蒙各位抬愛主持協會，希望集結所有會員的智慧與力量，一起克服眼前的困難，在此願與所有自來水界從業人員共勉，並以如何達成「穩定供水」作為今後努力的目標。供水穩定說來簡單，做來不易，除了平時供水要穩定外，枯旱期、颱風期及地震天災時，供水都不能間斷，過去農業社會有圳道，缺水時容易找到替代水源，現代社會住的是公寓或大廈，沒

有蓄水場地，所以遇有缺水困境，實在是非常嚴酷的挑戰，即使是二十一世紀自來水設施先進的國家，例如日本，亦將安定供水作為追求的願景目標。另外要使民眾安心飲用自來水，本人在總經理任內時，即強調自來水水質沒問題可以生飲，因為全世界水質之控管，都以餘氯和大腸桿菌二項檢驗作為維護健康之指標，我們供應的自來水經環保署及各地環保局以上述標準抽驗水樣，百分之九十九以上合格，毋庸置疑；惟水源不斷受到污染，致使民眾懷疑飲用水質之標準，為使民眾安心使用，協會願意承擔宣導之責任，引進澳大利亞的標準規範，使今後水質之控制，能從水源到水龍頭，系統化及制度化，確保民眾放心飲用。檢視臺灣的自來水經營，要有永續發展之認識，在審議水價時，至少要含括未來十年之自來水擴建，雖然臺灣人口成長已緩，仍應有三分之一（八小時）餘裕的容量備載，希望我們共同努力，留給下一代更優良的水質及更好的生活品質。

在協會方面，因檢驗業務縮減，致財務年度預算艱困，將從開源及節流方面努力，並辦理施工技術人員之訓練，感謝日本水道協會人員提供教材協助，希在水利署陳署長支持下，配合相關法令之完成，期以提昇施工品質。另環保

署也希望協會辦理自來水用藥之驗證，協會亦可出版相關技術性的書籍銷售，盼各位會員充分給予支持與鼓勵，感謝各位撥冗參加，敬祝健康愉快，謝謝各位。

三、上級長官致詞：

· 經濟部水利署陳署長伸賢：

很高興有這個機會來參加一年一度的協會會員及自來水節的慶祝大會，我們常說人定勝天，其實人類不可能贏過天的，大自然的氣候一直在變化，前兩年還在抗旱，總希望颱風帶來雨量，沒想到今年有二十五個颱風形成，有四個颱風直接侵襲，更慘重的是日本，一連有十個颱風過境，死亡人數超過二百人。今年的暑假最為艱苦，從六月金門水庫被放老鼠藥開始，七月敏督利颱風帶來七二水災，造成鯉魚潭水閘門事件，豪雨也導致大甲溪嚴重淤積，幾十年也無法清除，繼而因敏督利風災之損害，忙於立法院成立追加五十六億元預算工作。接著八月艾莉颱風來襲，因土石崩塌濁度太高，石門水庫無法供水，導致桃園地區嚴重大缺水，我們不眠不休日以繼夜的趕工，以幾天的時間完成幾個月才能做好的臨時取水工程。九月又因九一一海馬颱風，在眾人質疑中實施了員山子第一次分洪，

十月納坦颱風時，第二次實施員山子分洪，減少了大量淹水面積，並經汐止民眾肯定與感謝，惜一媒體記者因公殉職，轉移了焦點。如果調整分洪政策有錯，我願意接受調查，目前檢調單位也已進行調查。

總之，這是很辛苦的暑假，我常想這麼辛勞的工作如何來鼓舞工作士氣，才有更高的鬥志完成任務。水是生活及生存所必需，水資源更是整個工商業發展的經濟命脈，除了確認我們自來水從業人員的工作非常重要外，必須賦予生命的意義，體認是為自己做事情，是值得做的事情，在受任何委屈時都能堅持其認定之價值與信念，並有更高的鬥志努力以赴。我相信老天爺的帳是公平的，在此願與所有自來水從業人員共同勉勵。剛才李理事長強調年底和明年初最重要的工作是水價的調整，我們要讓水價能反應水資源永續發展的真正價值，不止是自來水公司可以更好經營，更重要的是民眾能確實的節約用水。水價的調整公式，將陳報行政院轉立法院審議，預計十二月底召開水價審議委員會，希望分成一次調足或是逐年調整，使水價回歸專業減少政治的干擾。目前最重要的是使民眾有信心，我們的服務品質會相對提升，並引進

對淨水場或外部監督之機制，確定有那些工作在完成水價調整工作後可做得更好，如此雙管齊下，期使水價調整更加順利。

鑑於上次桃園缺水事件，已完成全省風險區域之分析報告，風險高的地區，在水源的開發或是水管的連通，均有備援系統，業經院長裁示交永續會審查，相關管網經費共八十幾億，涉及北水南引及南水北調計畫，我們要求在水價未合理化前先用公務預算辦理。剛才李理事長提及相關之考證訓練，願尊重並配合建立法規制度，藉以提升自來水從業人員之素質與水準。以上言及今年相繼發生的事件，希望大家記取教訓，不再重蹈覆轍，要像接力賽跑，一步比一步跑的更好更穩。今天非常榮幸來參加慶祝大會，在這裡祝福各位身體健康，健康的體格很重要，消極方面不會麻煩及連累他人，積極方面可以做更多的事照顧更多的人，希望大家為自己、家人及社會國家珍惜健康，最後敬祝大會圓滿成功，謝謝大家！

四、來賓致詞：

(一)南投縣縣政府林秘書學仕致詞：

今天欣逢自來水協會第十五屆第三次會員代表大會及第三十七屆自來水節慶祝大會，縣長林宗男先

生因適逢議會總質詢期間，未能以地主的身份來親臨歡迎，非常抱歉！本人謹代表林縣長竭誠地歡迎來自全國各地的自來水界先進。剛才聆聽李理事長致詞，瞭解在其領導下會務蒸蒸日上，日益精進，對全體會員及全國自來水用戶貢獻良多，在此表達敬佩之意。

南投縣歷經九二一震災及數次颱風豪雨重創，在上級政府鼎力協助下，絕大部分災害搶修工程已復建完成，各著名風景區均還以原來山明水秀之景緻，連結之交通也都非常順暢，竭誠歡迎各位先進於會後一遊，欣賞怡人美景，輕鬆緩解平日工作壓力，調劑舒弛身心，相信對身體健康很有助益。最後仍祝福大家身體健康，謝謝各位！

(二)日本水道協會專務理事赤川正和

首先恭祝本次大會圓滿成功，希望臺灣和日本的自來水業界能共同努力發展，針對日本自來水業現況之分析與展望，在專題報告時將詳細說明，在此敬祝各位身體健康，萬事如意。謝謝！

(三)臺灣省自來水公司謝總經理啟男

很高興在一年一度的協會會員及自來水節的慶祝大會上，與來自全國各地自來水的從業人員代表相

聚，我常思考檢視我們自來水的經營如何做到永續發展？如何達成承諾用戶量足質優之願景？其實自來水業是從事末端的應用，生產製造用水輸送用戶使用。今年缺水事件之教訓，雖有事後連通管及備援系統之補救，惟應先做好水資源源頭之管理，重視從源頭到水龍頭的過程，水資源才能永續發展與利用。

目前水價無法合理反映成本，將嚴重影響目前自來水事業的經營體制，遑論日後永續經營，我們應趁學界、輿論界及用戶尚有共識之時機，促成合理的水價調整機制，確實反應成本之變動。以上提出源頭到水龍頭的管理及調整水價，作為自來水永續發展的要件，係個人之心得感受，期與各位共勉，希望下午的研究發表會亦踴躍參與，在此感謝第四區管理處同仁不辭辛勞籌備本次大會活動，敬祝大家健康快樂。

五、頒獎

(一)表彰對自來水事業技術或營運發展上有特殊重大貢獻人員：臺灣省自來水公司黃副總經理慶四及臺北自來水事業處李副處長泰雄，各頒發功績(純金)獎章乙枚及獎狀乙紙。

(二)表彰服務年資滿四十五年計有許博

等四名，各頒發金質紀念章乙枚及獎狀乙紙。

(三)表彰服務年資滿四十年計有林滿智等十五名，各頒發金質紀念章乙枚及獎狀乙紙。

(四)表彰服務年資滿三十年計有蘇金龍等一五一名，各頒發銀質紀念章乙枚及獎狀乙紙。

(五)表彰服務年資滿二十年計有江弘斌等八十七名，各頒發銅質紀念章乙枚及獎狀乙紙。

乙、專題演講

主講人：日本水道協會專務理事赤川正和

講題：日本自來水事業的課題及展望

各位來賓，大家好。敝人是日本水道協會專務理事赤川正和。今天有幸受邀參與中華民國第十五屆第三次會員代表大會及第三十七屆自來水節慶祝大會，非常感謝。

敝人於一九六一年進入東京都廳服務，從事自來水事業四十多年，參與自來水經營、財政、人事勞務、營業業務等多項工作，之後於一九九八年擔任東京都水道局長，全權負責自來水事業的經營。一九九九年集集大地震時，敝人在東京都知事石原慎太郎的指示下支援臺灣供水器材，即便現在，有時遇到石

原知事時，也會互相交換相關資訊。之後，敝人於二〇〇一年退出東京都，於二〇〇二年起擔任日本水道協會專務理事。今後，也希望以一個交往已久的好友身份，繼續維持與中華民國尤其是與各位從事自來水事業人士之間的良好關係。

中華民國自來水協會與日本水道協會自以往就關係良好，不斷的互相交流。一九九九年發生集集大地震時，由於以臺中市為中心的自來水設施受到相當大的災害，日本水道協會派遣調查團，提供自來水設施有關耐震的技術支援。此外，二〇〇二年，日本水道協會進行了「中華民國自來水售水率提升對策相關調查」，並將各項對策整理成報告書，於臺北開辦了研討會。再者，本年度，於臺北自來水事業處的「供水管網改善計畫」的研討會中，也針對「配管技術的提升對策」主題作專題演講，可說是從以前到現在都提供了以震災對策及售水率提升為目的的種種自來水技術。本次演講敝人除了提出上述的震災對策及售水率提升對策之外，還將針對已發展到提供海外國家技術支援的日本自來水事業的過程、特徵、現況、課題及今後展望等做一概要說明。

日本於一八六八年（明治元年）政治體系轉變，積極的開始與外國進行貿

易通商，但伴隨而來的卻是大量的傳染病，以港口都市為中心蔓延，尤其以霍亂大流行更使得日本國民飽受折磨，一八七八年（明治十一年）的死亡人數超過十萬人。此外，日本當時大部分的建築物皆為木造，火災引起的災情對行政機關而言也是一大課題。當時的日本政府為了根本防治傳染病，並保護市民免於火災，決定急速普及自來水，於一八八七年（明治二十年），由英國技師 Henry Spencer Palmer 於橫濱市設計並完成第一個自來水設施，之後，也以各個港口都市及大都市為中心整治自來水設施。一八九一年（明治二十三年），日本首度制定了自來水法（自來水條例），促進自來水建設的體制完備。此時的自來水建設及管理以行政最小單位的市鄉村負責，這種以市鄉村經營為原則的做法到了一百年後的今天仍然持續不變。就是因為當時開啟提供自來水做為便民措施，以健全保健衛生及消防設備工作，因此行政機關必須負起自來水設施的埋設及營運責任。而且日本有史以來就是與水有密切關係的稻作文化國家，各個部落維護水源的傳統久遠，因此以最小單位的自治團體經營自來水是非常自然的。

市鄉村經營自來水對自來水的普及雖有相當大的貢獻，但要談到日本自來

水必須對自來水的歷史也做一些說明。一八九一年（明治二十三年）舊的自來水法制定以來，自來水以大都市及港口都市普及開來，但中小規模的自治團體的自來水整治工作並不順利，加上震災及第二次世界大戰等災害，日本全國的自來水普及率無法上升，舊的自來水法制定後過了六十五年，也就是於一九五五年（昭和三十年）時，日本全國的自來水普及率停留於三十%左右。但是第二次世界大戰結束後，隨著經濟復甦上了軌道，於一九五七年（昭和三十二年），制定了新的自來水法，同時由於剛好碰上日本社會經濟成長期，以致日本自來水普及成長速度之快令人驚訝。以前花費了六十多年才使自來水普及率達到三十%水準。惟於一九五七年（昭和三十二年）之後的二十多年（昭和五十三年），則達到了九十%，現在達到了九十七%，實現了約一億三千萬的日本國民可享用自來水，達成社會經濟活動可順利運作的時代。

接著分析自來水普及率及供水量整體中漏水量所佔比率的無效率演變圖。由圖中可知一九五一年到一九七一年之間，自來水急速普及，而無效率水量也不斷降低，這表示日本在普及自來水的同時，也不斷提升設施水準。能在這麼短的時間內達到高普及率的原因可舉出

幾點說明。第一點乃是各市鄉村與當地居民同心一體致力於自來水的普及。自來水普及程度是衡量一個地區生活水準及文化水準的標準，三千多個市鄉村互相競爭致力自來水普及的結果，於最尖峰時期，每三到四年就成長十%，也就是每年供水人口成長四百萬人。這也正是由於與居民生活最貼切的行政單位也就是市鄉村參與執行才可達到的成果。

自來水普及的第二個原因乃是自來水相關法制的確立。國家在事業營運面、資金面、技術面對市鄉村的自來水建設及事業營運給予充分支援。比方說，就資金面而言，自來水建設資金可以由政府借款，籌措到大部分必要資金。現在大多數的自來水事業係藉由國家融資制度（地方債計畫）調度資金，以建設自來水設施。具體而言，各個自來水事業在國家融資計畫認可的範圍內，每年發行自來水債（企業債），其中大部分由國家承接。在一九九九年（平成十一年）到二〇〇三年（平成十五年）的五年內，日本全國自來水事業由外部調度的資金約三八四億美元（四兆二、二二六億日元，一美元兌一一〇日元），但其中的九十三%乃由政府及政府系統下的金融機關（公營企業金融公庫）調度而來（其餘七%，二、八一四億日圓為公開募款等）。

此外，在資金面上國家給予的第二項協助，乃是國家給予自來水事業的補助金制度。對於無法歸咎於自來水用戶責任的經費或是對自來水用戶會造成過大負擔的經費，由政府提供補助金以維持自來水事業健全營運。比方說，超過自來水用戶責任的水源河川污染防治對策所需的高級淨水設施，或是擴大自來水事業範圍所需經費，及本來由國家建設觀點判斷就得建設的自來水水源及水庫經費等，其中的二分之一或是四分之一由國家補助自來水事業以執行工作。於一九九八年（平成十年）到二〇〇二年（平成十四年）的五年內，國家交付給日本全國自來水事業的補助金約 83 億美元（九、一〇六億日元）。另外，日本自來水發展的原因還有一個不可或缺，那就是教育水準高並具備高度倫理道德觀的日本國民。比方說，日本的水費全國平均為一噸一．七美元（一八五日元），與其他先進國家相比確實偏高，但是幾乎百分之百都可以收到水費（東京都九十九．九%），日本的自來水在所有用戶點設有水表，自來水事業者定期抄表，抄表時向各用戶告知用水量及水費金額，由於用戶事前得知水費金額多寡，因此可以安心付費。信賴自來水事業的用戶約七到八成（東京都七十四%，橫濱七十九%，大阪市七十一%），

透過匯款方式繳交水費。

以上針對日本自來水迅速普及的原因做了說明，接下來則針對日本自來水的特徵進行介紹。首先是水資源問題及對策，日本屬於亞洲熱帶雨林地帶，年降雨量超過一、七 mm（一九七一年二 mm 年平均值），將近世界平均值九七 mm 的兩倍，但由於國土狹長，人口又多，每人平均降水量僅為世界平均值的四分之一，並不算是水資源豐富的國家。也因此，在自來水快速普及，用水需求激增的一九七〇年代（東京都抑制用水需求對策一九七二年）展開「抑制用水需求對策」，以必須擴建自來水設施的都市為中心，有效利用水資源，節約用水，並且考量國土自然環境，減少無謂的投資，而不是一味因應用水需求增加開發水源，這也是現在日本全國自來水事業的重要政策。就具體措施而言，首先是得到市民對於抑制用水需求的理解，在呼籲節約用水的同時，水費徵收體系也採用用水愈多每一噸單價愈高的遞增型收費方式，並且開發省水型的馬桶、洗衣機、洗碗機等，此外也對大樓等大量用水住戶宣導水的再生利用等，而自來水事業本身為了有效利用既有的水資源，也不斷積極實施防漏工作（東京都四．七％）。這十五年來，儘管人口不斷增加，但日本供水需求呈現持

平狀態，但近年來由於受到景氣低迷影響，供水需求出現漸漸下滑的現象。但是抑制供水需求會導致水費的減收，對各自來水事業的財政面會有不良影響，因此各個自來水事業透過設施無人化、統合廢除等人員精簡對策、業務外包等經營努力，儘量不要將負擔轉移到自來水用戶身上。

日本自來水的第二個特徵之前也有提過，依據自來水法，自來水經營以市鄉村經營為原則。但自來水法也有規定若得到當地市鄉村同意者，可由市鄉村以外的單位經營自來水事業。但現在日本由民間企業經營的自來水事業也不過十個而已。現在日本約有三、四個市鄉村，但有的市鄉村是由數個自來水事業經營，因此自來水事業的數量約有一一、二個。最大的自來水事業是東京都水道，供水人口一、二〇〇萬人，最小的是供水人口不及數百人的鄉村的簡易自來水事業，規模差異大，但大多數的自來水事業（八十七％）屬於供水人口一萬人以下的小規模自來水事業。日本自來水由於事業體規模的差異大，因此產生財政基礎、技術基礎落差大的問題。

接下來，談到日本自來水技術及經營能力。日本的自來水具備多數的高等技術。首先，在淨水處理方面，為了應

付各種原水水質，採用臭氧、活性炭、膜過濾裝置等實施高級淨水處理。第二，在水質管理方面，設定嚴格的水質標準，以提供安全好喝的水，水質管理技術也達到成熟水準。第三，由取水到輸配水的所有自來水設施都以有效用水為目標，構建水運用系統，實現穩定供水。第四，在防漏方面，日本具備熟練的技能及最新防漏機器及技術，並計畫性的改善管線材質，實施高水準的防漏對策。第五，引進採用耐震材質及耐震構造的耐震管，推動自來水設施的耐震化。藉由上述這些高等的自來水技術得以在任何時刻提供讓人安心飲用的自來水。此外，體貼的顧客服務及採用企業會計後，有效率的自來水財政也顯示出優良的事業經營能力，這樣的能力正是支撐穩定供水的來源。

儘管如此，實現了高水準自來水的日本仍存在著無數的課題。第一個課題是日本大多數的自來水事業於一九五五年之後創建，這些設施正面臨著更新時期的到來。設施更新與設施擴張不同，並不是因為供水需求增加而產生的需求，無法由調漲水費來調度資金，所有的更新費用必須由事業營運體自己籌措。尤其是對小規模事業體而言，財政面及技術面的更新更是一筆龐大負擔。第二，藉由人員精簡實施效率經營的同

時，造成年輕職員的採用比率低，導致自來水內部高齡化的現象。今後如何傳承自來水技術及確保人才將是重要問題。第三個課題是伴隨景氣低迷及省水型機器的普及，還有以大量用水戶為中心的節約用水宣導活動，造成水費收入無法成長，今後隨著更新費用不斷增加，水費收入無法成長將是一大問題。第四，日本必須有完備的震災對策，如自來水設施及管線耐震化、確保地震時仍可供水的自來水貯存設施、震災時的設施復舊對策等都是日本全國自來水事業共同的重要課題。

先前在日本自來水課題之中提到了災害對策，今年對日本來說真的是受到很多災害襲擊的一年。在觀測史上，今年過境日本的颱風數量最多，高達十個，造成河川氾濫、取水設施停用、淨水設施功能不佳等，造成各處的自來水設施都有大型災害，到現在為止都還可以看到肆虐過後的傷痕。今年八月，在臺灣也因颱風而造成無法取水的情形，淨水設施也停用，災情實為慘重。而就在最近，十月二十三日，日本時間十七點五十六分，在新潟縣中越地區（長岡市、小千谷市、十日町市）發生了芮氏6.8級大地震，災情慘重。日本水道協會當時立刻成立對策總部，致力於收集資訊，從事緊急供水活動、調查及復舊活

動等。在電力、瓦斯、自來水、電話等全部斷線的狀況下，單就自來水而言，就有十三萬用戶因為淨水場停止運作及水管破裂而無水可用。而由各都市相繼派出緊急供水車參與復舊活動，因此市中心漸漸恢復正常，但山區可能還要再稍待時日。敝人十號到當地視察，發現自來水設施中災情最慘重的乃是管線等配水設施，占的比率最高，有鑑於此，更深切感受到包含管材改良的維護管理層面的重要性。附上現場照片，由照片中可看出新潟縣中越地區的震災情況。在災區各地都發生了類似的道路下陷，電力、瓦斯、自來水、電話等民生設施都受到相當大的波及。

為因應解決諸多問題以及災害對策，必須加強自來水事業的財政基礎及技術基礎。以做為日本自來水事業體質強化對策之一，首先要從自來水事業的大規模化及大範圍化著手。具體而言，藉由擴大自來水事業的規模，可以加強財政基礎及技術基礎，並且避免重複投資，透過設施整合提升事業效率。現在的目標是將三、四個以上的市鄉村合併為一、二個左右。合併市鄉村的大規模事業正在進行中，藉由這樣的合併可以期待擴大每個自來水事業的經營規模。其次，必須與大規模化一起同時進行的乃是加強外部對自來水事業的

支援體系。具體而言，技術能力較弱的自來水事業將技術性業務委託技術能力優良的自來水事業或是民間企業，以提升該自來水事業的技術基礎。這些措施都是在二〇一一年（平成十三年）自來水法修正後才顯現具體推動的措施。

接下來針對日本自來水業界對國際所做的貢獻做一說明。日本自來水於一九八一年以前藉由歐洲的先進技術（資金面全部自己負擔）建設了第一個自來水設施，之後，從國家到自來水事業者及產業界都合力推動自來水的普及，提升健全的自來水經營水準及技術，實現了可自豪於國際舞台的高水準自來水。充分發揮長年以來培養的自來水技術及事業營運知識，對開發中國家的自來水發展有所貢獻乃是日本的使命，因此日本在自來水方面已進行海外支援活動。自來水事業者及自來水產業界依不同的支援領域擔任提供人才及技術的角色，在官民合作的體系下實施支援活動。在自來水領域的支援方針是加強開發中國家的自來水事業營運能力，以及培育人才及相關組織，此外也提供資金給開發中國家建設改善自來水設施。具體而言，支援活動範圍很廣，包含支援開發中國家自來水事業經營、設施建設、防漏對策、研修訓練中心建設、水源污染對策等。

最後，再介紹日本自來水事業的一項先進做法。近年來為了因應地球溫室效應的問題，日本自來水業界開始導入地球環保對策。具體而言，包括利用水壓的水力發電、利用大片空地的太陽能發電、廢熱有效利用、淨水後的處理土再生化、保育水源林、支援環保活動、取得 ISO-14001 認證，徹底實施環保對策以減輕自然環境的負擔等。用於環境對策所需的經費和相對可得的環保效果數值化，所進行比較的環境會計，現在以大都市為中心，已有二十五個自來水事業引進，今後引進環境會計的自來水事業應該會不斷增加。除了環境對策，日本自來水也具備淨水處理、防漏對策等高等技術以及優良的經營成效及客服品質。日本自來水希望今後也能活用這些經驗知識以強化自來水的健全發展，對解決世界上的水問題有所貢獻。

於一九九九年發生集集大地震時，日本水道協會提供震災後的自來水設施技術對策，於二〇〇一年十二月經中華民國自來水協會邀請，參與售水率提升對策現場調查；二〇〇二年四月參與防漏演講及調查報告等，不斷提供以震災對策及提升售水率為目的的自來水技術至今。而中華民國自來水協會理事長、臺北自來水事業處處長等自來水事業相

關人士也親自造訪日本觀摩日本的自來水，彼此之間交流熱絡。據聞臺北自來水事業處為了提升售水率並打造穩定有效率的自來水系統，現正擬定「供水管網改善計畫」，敝人衷心盼望該計畫能早日實現，為了臺灣自來水的發展，日本水道協會今後也會與臺灣有更進一步的交流及支援活動。

今天參與大會，以日本自來水事業的經營層面為中心發表演講，演講內容若能對各位有所裨益，將是敝人榮幸。最後，感謝中華民國自來水協會、臺北自來水事業處、臺灣自來水公司及各位參與自來水事業的人士聆聽本場演講，祝大家順心。謝謝。

丙 第十五屆第三次會員代表大會

- 一、理事會工作報告（詳如大會手冊書面資料）
- 二、監事會工作報告（詳如大會手冊書面資料）
- 三、討論提案：
 - 編號：第一號（會計）
 - 提案人：理事長 李錦地
 - 案由：為提報本會九十二年度歲入歲出決算書，敬請追認通過
 - 說明：一、本會九十二年度歲入歲出決算，業經本會第十五屆理、監事會第六次

聯席會議決議通過。並經送請本會同屆監事會第二次會議審查通過（附審查報告），復依規定先以九十三年三月三十日（九三）國水協會字第 四九號函報內政部核備。

二、依照內政部訂頒「社會團體財務處理辦法」第十三條及本會章程第三十五條規定，請大會追認通過。

辦法：檢附本會九十二年度歲入歲出決算書一份，連同審查報告一份，敬請追認通過。

審查意見：照辦法提請大會討論追認通過並函報內政部核備。

決議：照審查意見通過。

編號：第二號（會務）

提案人：理事長 李錦地

案由：為提報本會九十四年度事業計畫（工作綱要）草案，敬請討論通過。

說明：一、本會九十四年度事業計畫（工作綱要）草案，業經本會第十五屆理、監事會第八次聯席會議

審議通過。

二、依照本會章程第二十三條第四款規定應提會員代表大會通過實施。

辦法：檢附本會九十四年度事業計畫（工作綱要）草案一份，敬請通過以便實施。

審查意見：照辦法提請大會討論通過並函報內政部核備後實施。

決議：照審查意見通過。

編號：第三號（會計）

提案人：理事長 李錦地

案由：為提報本會九十四年度歲入歲出預算草案，敬請討論通過。

說明：一、本會九十四年度歲入歲出預算草案，業經本會第十五屆理、監事會第八次聯席會議審議通過。

二、依照本會章程第二十三條第四款規定應提會員代表大會通過實施。

辦法：檢附本會九十四年度歲入歲出預算草案一份，敬請通過以便實施。

審查意見：照辦法提請大會討論通過並函報內政部核備後

實施。

決議：照審查意見通過。

編號：第四號（會務）

提案人：會員代表 林寬亮

案由：請酌予補貼會員自費參加國外自來水年會人員費用，及參加人員公費與自費申請公假天數能一致，以達公平合理。

說明：一、參加國外年會代表公司及國家，應增加參與人數以狀聲勢，為提升其意願，請酌予補助。
二、今年出席自來水年會公費給假十天、自費六天

天、天數不一，造成不合理現象，建請天數一致。

辦法：送請理、監事會審議辦理。

審查意見：參加國際自來水年會人員費用補助部分，照辦法送請理、監事會審議辦理。

申請公假部分，由協會函請兩自來水事業單位參酌辦理。

決議：照審查意見通過。

四、臨時動議：無

五、散會：中午十一時卅五分