

自來水會刊第 36 卷第 3 期目錄



實務研究

- 澎湖地區換裝小型 C 級表效益評估研究……………黃心怡、尤瑞銘、林浩淳、林郡習…… 1
- 臺北自來水直飲推廣規劃……………許雅玲、林志成、黃欽稜、時佳麟…… 9

本期專題 水質處理

- 降低自來水用戶用水耗能及提升水質安全之探討……………江清蓮、洪世政…… 21
- 新興污染物與飲用水……………薛志宏…… 30
- 錳氧化物對自由餘氯檢測偽似反應干擾之研究……………許國樑…… 39
- PVC 硬質及軟管揮發性及半揮發性有機化合物釋出研究……………張美惠…… 48
- 路竹淨水場水質改善實場試驗……………陳文祥、江信佑、李坤益、楊景然…… 58

一般論述

- 兩點式相關儀現場評比實測作業……………林子立、蘇隆盛、何英魁、唐天原、吳堂伯…… 71
- 便民服務多元化—自來水地理資訊整合與應用……………陳輝哲、黃騰宏…… 76
- 自來水事業配合政府新南向政策研析……………謝東穎、楊碧嬾…… 82

工作現場

- 新北市永和區國中路109巷用戶無水緊急處理……………李中彥、石明憲…… 92

協會與你

- 歡迎投稿 106 年「每期專題」…………… 47
- 本刊新增「自來水廠（所）的一天」單元…………… 75
- 中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 81

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水會刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與您、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地、自來水工作現場、自來水廠(所)的一篇等文稿。
- 三、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得(包括技術與管理)，前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過 150 字之中英文摘要，本刊將委請專家審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「自來水工作現場」供自來水從業人員，針對工作現場發表感想。「自來水廠(所)的一天」為提供自來水基層廠(所)的工作現況，增進社會各界對自來水服務層面的認識。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與您」則報導本會會務。
- 四、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限，**本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明**；無法刊出之稿件將儘速通知。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 六、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 aael@mail.water.gov.tw，並請註明真實姓名、通訊地址(含電話及電子郵件地址)、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 八、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 900 元/千字，「業務報導」為 500 元/千字，其餘為 400 元/千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 400 元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 九、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十、本會刊內容已刊載於本協會全球資訊網站(www.ctwwa.org.tw) 歡迎各界會員參閱。
- 十一、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會 92 年 3 月 26 日工程企字第 09200118440 號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發 行 單 位：中華民國自來水協會

發 行 人：胡南澤

會 址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電 話：(02)25073832

傳 真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員

黃志彬

副主任委員

李丁來

委 員

駱尚廉、葉宣顯、康世芳、王根樹、林財富、
陳曼莉、范煥英、洪世政、莊東明

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總 編 輯：李丁來

執行主編：林正隆

編審委員

甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、
梁德明

執行編輯：陳品如

電 話：(04)22244191 轉 266

行政助理：古蓁苓

印 刷：松耀印刷企業有限公司

地 址：台中市北區國豐街 129 號

電 話：(04)22386769

澎湖地區換裝小型 C 級表效益評估研究

文/黃心怡、尤瑞銘、林浩淳、林郡習

摘要

近年來澎湖地區受氣候變遷及觀光產業興盛影響，用水缺口顯著，水情日益嚴峻。水量計受表種等級、型式、表齡、用水型態、水質等因素影響計量精度。為提升澎湖地區水資源使用效率及評估 C 級表計量效益，測試地點擇白沙鄉、西嶼鄉針對口徑 13mm~40mm 用戶表全面換裝 C 級表，記錄分析換表前、後一年抄見量及售水率變化。

從測試結果發現白沙中區用戶表年抄見量提升約 19.01%，售水率提升約 7.37%；西嶼中區用戶表年抄見量提升約 10.32%，售水率提升約 0.9%。C 級表計量精度較高，有助於提升抄見量，惟供水量同步增加，致售水率提升幅度有限。研究建議澎湖地區應持續建置小區管網及實施封閉測試，加強弱勢管線汰換作業，俾使小區售水率穩定，在售水率達 80% 以上，查無其他漏水原因情形下，藉由換裝 C 級表作為提高售水率方法。

關鍵字：小型 C 級表、實證分析研究法、抄見量及售水率

一、前言

近年來受氣候變遷及水源匱乏影響，台灣常面臨旱災缺水危機，其中又以澎湖地區缺水情形更加嚴峻。澎湖地區地勢平坦，降雨量集中於梅雨及颱風季節，年蒸發量遠大於降雨量，尤以近年觀光事業蓬勃發展，水源更不敷用水需求。為解決離島居民用水之苦，台灣自來水公司（以下簡稱台水公司）興建海水淡化廠增加供水量，或以海底管線輸送淡水，供水成本遠高於台灣本島。

在經營環境艱困且開源不易下，合理的節流為水資源管理的關鍵因素，澎湖地區漏水率長期偏高，除積極投入檢測漏作業、查緝竊水、汰換老舊管線外，減少水量計不感流量，亦有助降低帳面損失及無收益水量。

台水公司用戶約 692 萬戶，裝置水量計約 708 萬 6 千只，其中口徑 50mm 以上大型水量計約 2 萬 6 千只，由於 B、C 級表採購價格相同，不增加採購成本前提下，自 102 年度起逐年汰換為 C 級電子表；口徑 40mm 以下小型水量計約 706 萬只，囿於 C 級表採購價格較 B 級表高，以 B 級機械表為主。

澎湖地區供水成本高昂，換裝 C 級表有助於增加用水量，所得效益較台灣本島為高，為驗證小型 C 級表實地計量效益，本測試計畫擇澎湖地區白沙、西嶼中區換裝，其預期達成目標如下：

1. 探討小型 C 級表換裝前、後年抄見量及售水率變化，並分析換裝效益。
2. 藉由小型 C 級表靈敏度高之特性，減少不感流量，作為未來表種等級選擇參考。

二、計畫執行

台水公司第七區管理處澎湖營運所，供水服務範圍為澎湖縣一市五鄉，包括澎湖縣馬公市、湖西鄉、白沙鄉、西嶼鄉、望安鄉、七美鄉等地區，並設置馬公、白沙、吉貝、西嶼、望安及七美等六大供水系統。截至 105 年 12 月底口徑 13mm~40mm 水量計裝置數約 2 萬 8 千只，其中白沙、西嶼中區約 4,850 只，佔總裝置數 17%。

台水公司 103 年度完成 C 級表採購作業，第七區管理處澎湖營運所於 104 年初完成水量計委外汰換招標作業，從 5 月陸續換裝至 10 月。完成換裝後配合抄表期程以每 2 個月為一期抄錄指針值，以實際抄表度數作為原始資料，比較換表前一年（收費月 104 年度）及換表後一年（收費月 105 年度）用戶表抄見量及售水率變化，期透過長時間用水記錄觀察，以瞭解 C 級表在實際用戶進水狀況之計量表現。

三、測試資料分析

(一)白沙中區抄見量及售水率變化

1.白沙中區換表前、後用戶表抄見量：

白沙系統供水範圍為白沙鄉（吉貝村除外），設置赤崁、後寮、通梁、瓦硐、歧頭港子鎮海、鳥嶼員貝、講美城前大倉及中屯，共計 8 小區。

白沙中區總表為豎軸葉輪電子式，裝置數分別為口徑 50mm 2 只、75mm 6 只、100mm 2 只及 150mm 3 只，共計 13 只；用戶表裝置數分別為口徑 13mm 1,526 只、20mm 483 只、25mm 235 只、40mm 19 只，共計 2,263 只。

2.白沙中區換表前、後用戶表抄見量變化：

白沙中區用戶表換表前、後抄見量變化詳如表 1，換表前一年總抄見量 441,053 度，第一期至第六期分別為 69,468 度、58,651 度、67,952 度、77,696 度、86,684 度及 80,602 度；換表後一年總抄見量 524,932 度，第一期至第六期分別為 86,569 度、69,185 度、82,867 度、90,624 度、104,048 度及 91,639 度，換表後較換表前年抄見量增加 83,879 度，差異率約 19.01%。

為排除計費期間天數影響抄見量，以用戶表抄見量除以用水天數，俾利觀察用戶表

日均量變化（詳如圖 1），換表前第一期至第六期分別為 1,103 度、1,047 度、1,133 度、1,274 度、1,398 度及 1,439 度；換表後第一期至第六期分別為 1,353 度、1,281 度、1,337 度、1,438 度、1,652 度及 1,553 度。第一期至第六期換表後日均量較換表前，分別增加 250 度、234 度、204 度、164 度、254 度及 114 度。從測試結果發現白沙中區換裝 C 級表有助於提升用戶日均量，惟每期增幅不一需再深入探討其它影響因素。

3.白沙中區換表前、後售水率變化：

為分析白沙中區售水率變化，以每期用戶表總抄見量除以小區總表用水量（詳如表 1 及圖 2），換表前第一期至第六期售水率分別為 61.87%、54.43%、54.22%、66.73%、74.62% 及 70.31%；換表後第一期至第六期售水率分別為 76.41%、56.76%、67.84%、69.88%、75.08% 及 72.61%。

換表前用戶表年抄見量 441,053 度、小區總表年用水量 703,318 度，年平均售水率為 62.71%；換表後用戶表年抄見量 524,932 度、小區總表年用水量 749,042 度，年平均售水率為 70.08%，換表後較換表前年售水率提升約 7.37%。

另比較換表前、後每期售水率差異（詳如圖 2），第一期至第六期分別增加 14.54%、2.33%、13.62%、3.15%、0.46% 及 2.3%。換表後每期售水率均較換表前提升，惟換表後第一期售水率為 76.41%，到第二期突降為 56.76%，下跌幅度高達 19.65%，係因用戶表抄件量突減約 1 萬 7,000 度，分子減少、分母增加，造成換表售水率偏低。另每期換表前、後售水率差異波動不一，恐有管線漏水或其他影響因子，致售水率未達標準值 80% 以上。



表 1 白沙中區換表前、後用戶表抄見量及小區總表用水量統計表

換表前（104年度）						
收費月	104年1月 (第一期)	104年3月 (第二期)	104年5月 (第三期)	104年7月 (第四期)	104年9月 (第五期)	105年11月 (第六期)
計費期間	103.9.23~103.11.25	103.11.26~104.1.21	104.1.22~104.3.23	104.3.24~104.5.24	104.5.25~104.7.26	104.7.27~104.9.22
用戶表總抄見量(A)	69,468	58,651	67,952	77,696	86,684	80,602
小區總表用水量(B)	112,286	107,756	125,326	116,440	116,160	114,640
售水率(C=A/B*100%)	61.87%	54.43%	54.22%	66.73%	74.62%	70.31%
換表後（105年度）						
收費月	105年1月 (第一期)	105年3月 (第二期)	105年5月 (第三期)	105年7月 (第四期)	105年9月 (第五期)	105年11月 (第六期)
計費期間	104.9.23~104.11.26	104.11.27~105.1.20	105.1.21~105.3.22	105.3.23~105.5.25	105.5.26~105.7.28	105.7.29~105.9.26
用戶表總抄見量(A)	86,569	69,185	82,867	90,624	104,048	91,639
小區總表用水量(B)	113,300	121,900	122,150	129,693	138,590	126,202
售水率(C=A/B*100%)	76.41%	56.76%	67.84%	69.88%	75.08%	72.61%

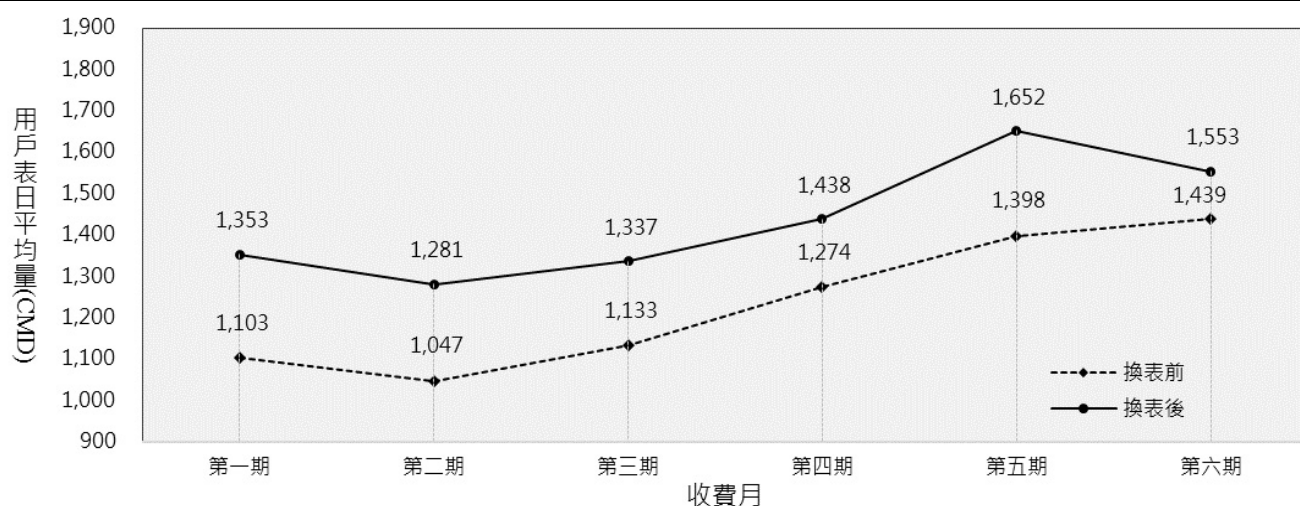


圖 1 白沙中區換表前、後用戶表日均量折線圖

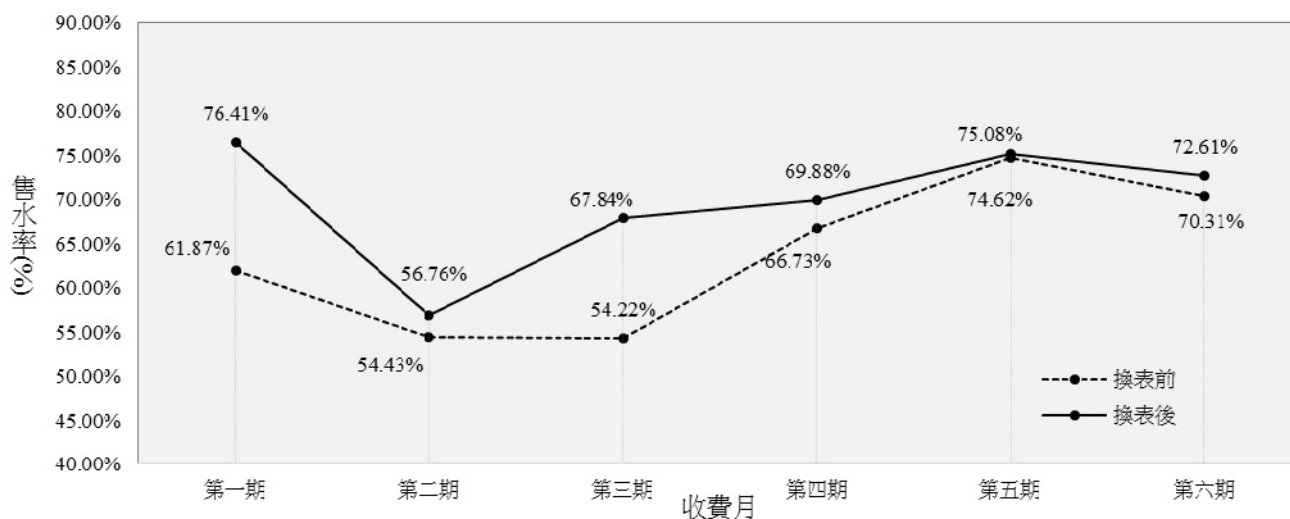


圖 2 白沙中區換表前、後售水率折線圖

(一)西嶼中區抄見量及售水率變化

1.西嶼中區換表前、後用戶表抄見量：

西嶼系統供水範圍為西嶼鄉，設置大池、竹灣、小門、合界、橫礁、二崁、池東池西、赤馬、內垵及外垵，共計 10 小區。

西嶼中區總表為豎軸葉輪電子式，裝置數分別為口徑 75mm 1 只、100mm 6 只、150mm 4 只及 250mm 1 只，共計 12 只。用戶表裝置數分別為口徑 13mm 2,088 只、20mm 248 只、25mm 238 只、40mm 13 只，共計 2,587 只。

2.西嶼中區換表前、後用戶表抄見量變化：

西嶼中區用戶表換表前、後抄見量詳如表 2，換表前一年總抄見量 572,165 度，第一期至第六期分別為 83,760 度、88,015 度、87,401 度、97,115 度、105,125 度及 110,749 度；換表後一年總抄見量 631,197 度，第一期至第六期分別為 97,048 度、100,830 度、103,020 度、111,838 度、109,668 度及 108,793 度。比較換表前、後年抄見量變化，換表後較換表前約提升 59,032 度，差異率約 10.32%。

為排除計費期間天數影響抄見量，以用戶表抄見量除以用水天數，俾利觀察用戶表日均量變化（詳如圖 3），換表前第一期至第六期分別為 1,373 度、1,492 度、1,481 度、1,674 度、1,723 度及 1,653 度；換表後第一期至第六期分別為 1,733 度、1,769 度、1,689 度、1,804 度、1,798 度及 1,755 度。第一期至第六期換表後日均量較換表前，分別增加 360 度、277 度、208 度、130 度、75 度及 102 度，由測試結果發現西嶼中區換裝 C 級表後，每期日均量均較換表前提升，惟前三期較後三期增幅為多，恐受其他影響因素，如用水人口變

化、用水模式改變、停復水等需深入探討。

3.西嶼中區換表前、後售水率變化：

為分析西嶼中區售水率變化，以每期用戶表總抄見量除以小區總表用水量（詳如表 2 及圖 4），換表前第一期至第六期售水率分別為 70.18%、78.55%、84.69%、83.43%、88.18% 及 97.05%；換表後第一期至第六期售水率分別為 83.37%、81.14%、82.52%、89.26%、83.84% 及 86.83%。

換表前用戶表年抄見量 572,165 度、小區總表年用水量 684,335 度，年平均售水率為 83.61%；換表後用戶表年抄見量 631,197 度、小區總表年用水量 746,893 度，年平均售水率為 84.51%，換表後較換表前年售水率提升約 0.9%。

另比較換表前、後每期售水率差異（詳如圖 4），第一期至第六期分別為+13.19%、+2.59%、-2.17%、+5.83%、-4.34%及-10.22%，從測試結果發現換表後售水率波動變化不一，甚至第三期、第五期及第六期售水率換表後較換表前低。

綜上，西嶼中區換裝 C 級表後有助於提升用戶表抄見量，惟管網內供水量同步增加，初步排除重大漏水或中區未封閉等因素，推論可能與用戶用水量增加或用水行為型態有關，致售水率增幅有限。依據台水公司「西嶼降低 NRW 兩年專案成效探討」^[1] 103 年 5 月~105 年 4 月進行 2 年「專案檢漏」作業，檢漏成果西嶼中區「移動年售水率」由 58.33%提升至 86.54%。在供水量穩定情形下，售水率受到抄見量與供水量兩者之連動變化影響，而非單由「抄見量」貢獻度決定。



表 2 西嶼中區換表前、後用戶表抄見量及小區總表用水量統計表

換表前（104年度）						
收費月	104年2月 (第一期)	104年4月 (第二期)	104年6月 (第三期)	104年8月 (第四期)	104年10月 (第五期)	105年12月 (第六期)
計費期間	103.11.4-104.1.4	104.1.5-104.3.5	104.3.6-104.5.4	104.5.5-104.7.2	104.7.3-104.9.2	104.9.3-104.11.9
用戶表總抄見量(A)	83,760	88,015	87,401	97,115	105,125	110,749
小區總表用水量(B)	119,356	112,043	103,206	116,400	119,210	114,120
售水率(C=A/B*100%)	70.18%	78.55%	84.69%	83.43%	88.18%	97.05%
換表後（105年度）						
收費月	105年2月 (第一期)	105年4月 (第二期)	105年6月 (第三期)	105年8月 (第四期)	105年10月 (第五期)	105年12月 (第六期)
計費期間	104.11.10-105.1.5	105.1.6-105.3.3	105.3.4-105.5.4	105.5.5-105.7.6	105.7.7-105.9.6	105.9.7-105.11.8
用戶表總抄見量(A)	97,048	100,830	103,020	111,838	109,668	108,793
小區總表用水量(B)	116,400	124,260	124,850	125,291	130,801	125,291
售水率(C=A/B*100%)	83.37%	81.14%	82.52%	89.26%	83.84%	86.83%

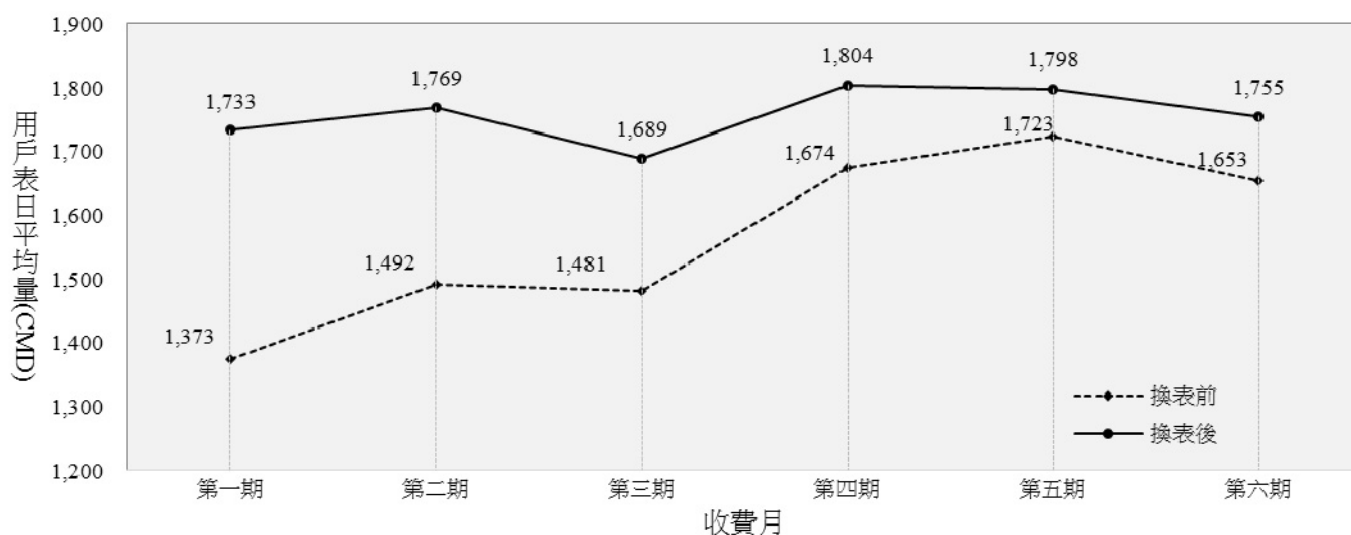


圖 3 西嶼中區換表前、後用戶表日均量折線圖

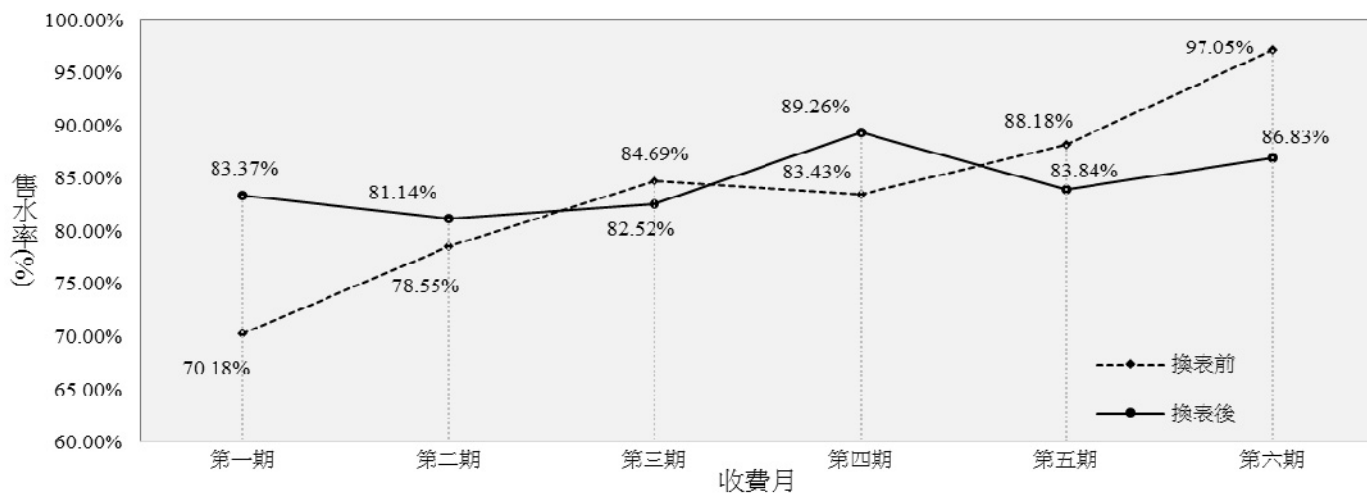


圖 4 西嶼中區換表前、後售水率折線圖

四、C 級表效益分析

(一) 白沙與西嶼中區效益

鑑於 C 級表計量靈敏度高，依白沙與西嶼中區測試結果，換表後用戶表年抄見量增加 142,911 度，差異率約 14.1%（詳如表 3），相較「小型 C 級水量計性能實證研究」^[2] BC 串聯計量差異率 4.64% 為高，當用戶表抄見量增加，代表水費收入愈高、漏水量愈低。

表 3 白沙與西嶼中區測試結果

中區	用戶表年抄見量(度)			
	換表前一年	換表後一年	差異量	差異率
	(A)	(B)	(C=B-A)	(D=C/A)*100
白沙中區	441,053	524,932	83,879	19.01%
西嶼中區	572,165	631,197	59,032	10.32%
總計	1,013,218	1,156,129	142,911	14.10%

小型 C 級表採購單價較 B 級表高（詳如表 4），在水價無法合理反應成本前題下，藉由比較水量計增加採購成本與水費收入差異，以評估未來是否提升用戶表等級。以「小型 C 級水量計性能實證研究」BC 串聯計量差異率 4.64%，保守估計換表後可提升水費收入，假設 C 級表使用有效期間八年內維持計量精度，排除貨幣折現值、水量計採購價格變動、水價調整、故障表裝拆維護費用等變動因素，評估換裝 C 級表經濟效益。

1.C 級表增加採購成本：以 103 年度 B、C 級表採購單價計算兩者採購單價差，分別為口徑 13mm 557 元、20mm 504 元、25mm 659 元以及 40mm 968 元。

白沙與西嶼中區換裝數 4,850 只，乘以 103 年度 B、C 級表採購單價差，換裝 C 級

表所增加採購成本約 272 萬 4,105 元（詳如表 5）。

表 4 103 年度台水公司 B、C 級表採購單價

口徑	C 級表採購單價 (元)	B 級表採購單價 (元)	BC 級表採購 單價差(元)
	(A)	(B)	(C=A-B)
13mm	1,161	604*	557
20mm	1,204	700	504
25mm	1,462	803	659
40mm	2,236	1,268	968

註*：103 年度無新購口徑 13mm 水量計，按採購預算單價新購/折價換新比例 1.38 倍換算預估新購價。

表 5 換裝 C 級表增加採購成本

口徑	換裝數(只)	BC 級表採購 單價差(元)	增加採購成本 (元)
	(A)	(B)	(C=A*B)
13mm	3,614	557	2,012,998
20mm	731	504	368,424
25mm	473	659	311,707
40mm	32	968	30,976
總計	4,850	NA	2,724,105

2. 水量計裝拆費用：澎湖地區汰換水量計決標單價約 139 元，乘以白沙與西嶼中區換裝數 4,850 只，裝拆費用約 67 萬 4,150 元。
3. 增加水費收入：Arregui et al. 於國際水協會 (IWA) 出版「水量計管理之整合(Integrated Water Meter Management)」^[3]，提出公式來試算換裝 C 級表所增加水費收入，考量指標項目分為用水量、水價、準確度提昇率及水量計有效期限等。

$$\Delta \left(\text{Admissible cost} \right) (\text{€}) = \left(\text{Water consumption} \right) \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Year}} \right) \cdot \left(\text{Water price} \right) \left(\frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right) \cdot \left(\text{Accuracy improvement} \right) (\text{p.u.}) \cdot \text{Lifespan}(\text{years})$$

依 104 年度白沙與西嶼中區換表前抄見量 1,013,218 度，乘以 BC 串聯計量差異率

4.64%及平均水價 10 元，每年增加水費收入約 47 萬 133 元，累積 8 年增加水費收入約 376 萬 1,065 元。

公式 = 1,013,218(度) * 4.64%(差異率) * 10(平均水價) * 8(水量計使用有效期限) = 3,761,065(元)

4.C 級表換裝效益：以水量計所增加採購成本 272 萬 4,105 元，加計裝拆費用 67 萬 4,150 元，換裝成本約 339 萬 8,255 元；累積八年增加水費收入約 376 萬 1,065 元，白沙與西嶼中區換裝效益約 36 萬 2,810 元。

五、澎湖地區測試結論

本測試計畫擇澎湖地區白沙與西嶼中區換裝小型 C 級表計 4,850 只，進行二年用水觀察，配合抄表期程每 2 個月記錄抄見量（換表前、後各六期）。從測試結果發現白沙中區用戶表年抄見率提升約 19.01%，售水率提升約 7.37%；西嶼中區用戶表年抄見率提升約 10.32%，售水率提升約 0.9%，澎湖地區換表後用戶表年抄見量約增加 142,911 度，差異率約 14.1%。

換裝 C 級表後有助提升用戶表抄見量以及售水率，且累積八年所增加水費收入大於採購成本之正向效益，西嶼中區售水率提升較低，研判該中區雖未執行管線汰換工程，經專案檢測漏作業後供水量降低，進而提升售水率至 86.54%。抄見量（分子）提升、供水量（分母）降幅有限情形下，致 C 級表換裝後售水率提升效益不明顯，甚至偶有不升反降情形。

六、研究限制與建議

囿於研究時間限制，測試過程部份條件

無法滿足最佳設定，茲敘明如下：

(一)研究限制

1.觀光效應影響水量計之計量提升率：依「口徑 40mm 以下 C 級表效益評估之研究」^[4]提到以實際抄表度數作為分析原始資料，具有免費取得分析資料、分析結果較客觀之優點。影響用戶抄見量變動因素眾多，查澎湖觀光遊客數 105 年約 108 萬人，相較 104 年約 97 萬人，增加約 11 萬人，初步推論換表後抄見量增幅原因有二，第一，觀光效應而帶動用戶用水量提升、第二，表種等級由 B 級提升為 C 級，有助於改善小流不感，惟本次測試無法確認觀光效應對計量提升率影響程度。

2.C 級表計量精度持續性：C 級表從實地安裝到用戶用水計量約耗時二年，雖用戶表抄見量有增加，但僅屬新表計量表現。水量計使用有效期限為八年，以 B 級表使用經驗，計量準確度易隨著使用期間增加而逐漸衰減，C 級表是否維持同等級計量精度仍屬未知數，需經耐久性測試驗證，倘經耐久性驗證後計量精度衰退至 B 級表，C 級表將喪失計量精度高以提升水費收入優勢。

(二)後續研究建議

1.C 級表之耐久性評估：C 級表之計量精度是否會隨使用時間增加而減弱，減弱的幅度為何仍無法從本次測試得知，白沙與西嶼中區用戶表已全面換裝為 C 級表，應持續觀察後續計量表現，長期比對是否有計量精度降低之趨勢，俾利了解 C 級表使用有效期間之平均水量增益，並追蹤耐久性變化情形。

2.C 級表之穩定性評估：測試期間 C 級表故障率較以往 B 級表為高，故障原因大多為顯示器不轉或無電、無顯示。台水公司除持續追蹤 C 級表故障情形外，亦請廠商進行水量計品質改善，以提升水量計計量穩定性，避免因水量計故障進而影響水費計收。

3.提升澎湖地區售水率：澎湖地區長期存在漏水率偏高問題，提高售水率前提應先穩定小區供水量，透過小區管網建置作業，各小區內裝置總水量計，進行管網封閉測試，俾利釐清滲漏嚴重弱勢管線，優先辦理管線汰換。待小區管網售水率達 80%以上，供水量穩定且查無其他原因漏水情形下，以換裝 C 級表作為提高售水率方法，否則難以釐清 C 級表對售水率提升的貢獻度。

參考文獻

- 1.林子立，西嶼降低NRW兩年專案成效探討，自來水會刊第36卷第1期，2017年。
- 2.黃心怡、江淑惠、吳振榮、董書炎、王淑芳，小型 C 級水量計性能實證研究，自來水會刊第 35 卷第 4 期，2016 年。
- 3.Arregui, F. J., E. Jr. Cabrera and R. Cobacho, Integrated Water Meter Management, Published by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London, 2006.
- 4.黃欽稜、蔡淑惠，口徑40mm以下 C 級表效益評估之研究－以臺北為例，自來水會刊第35卷第 1 期，2016 年。
- 5.水量計檢定檢查技術規範，CNMV 49 第 4 版，經濟部標準檢驗局，2015 年 12 月 23 日公告。
- 6.水量計型式認證技術規範，CNPA 49 第 3 版，經濟部標準檢驗局，2014 年 11 月 3 日公告。

作者簡介

黃心怡女士

現職：台灣自來水公司營業處組員

專長：水量計營運管理、數值分析

尤瑞銘先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處業務員

專長：水量計營運管理、數值分析

林浩淳先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處業務員

專長：新裝及水量計作業管理

林郡習先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處澎湖營運所業務員兼股長

專長：自來水營運管理、自來水工程

臺北自來水直飲推廣規劃

文/許雅玲、林志成、黃欽稜、時佳麟

一、前言

自來水直接飲用是國際城市的進步指標，也是文明都市的象徵，為使臺北市成為健康安全、環保永續、宜居城市新典範，柯文哲市長 2015 年將臺北市處處都可以直接飲用自來水列為任內重要施政目標。北水處於 1999 年馬英九市長任內便曾經推動一波「自來水生飲」措施，目前臺北捷運車站、學校、公園、機關、觀光飯店及圖書館等公共場所提供自來水直接飲用設備，便是當時所設置。

臺北的自來水取自水質良好的新店溪水源，在妥善的水源保育、淨水處理、健全的供水系統及 24 小時水質監控等綜合條件下，供水水質符合我國飲用水水質標準，可直接飲用。但由於市民長久以來習慣飲用煮沸過的自來水，對於直飲自來水尚存疑慮。

檢討過去推動「生飲」不太成功的原因，除了民眾飲水觀念難以扭轉，淨水器材業者誇張渲染自來水致癌等負面新聞時有所聞，根深蒂固植入民眾腦海，此外，過去將直飲台設置於室內也是敗筆，因為室內多半已有開飲機，兩套設備並存下，民眾當然選擇具有冰溫熱出水的開飲機，導致生飲設備使用率偏低。

為了避免不必要的煮沸耗用能源、減少購買浪費資源的瓶裝水，在臺北眾多條件已臻成熟的情況下，推動自來水直接飲用，是北水處責無旁貸的工作，不僅是對市民的承

諾，更應該讓大家用得方便，喝的安心。目前北水處對於自來水直飲的推廣，計畫分為「戶外直飲」與「建物直飲」兩部分。

戶外直飲優先從公共場所著手，打出「悠遊臺北、暢飲好水」的口號廣設直飲台，讓臺北民眾隨處都能找到直飲台；建物直飲將結合北水處審圖檢驗收回自辦的一條鞭管控，讓新建物居民能打開水龍頭直飲，並同步執行既有建物設備的直飲輔導；此外，將搭配市府舉辦大型活動進行「直飲宣導」，設置移動式直飲台，讓民眾體驗直飲。

二、他山之石－國外直飲情況

為妥善規劃臺北直飲策略，蒐集國外各大城市直飲情報是有必要的，尤其是戶外直飲台設置情況，以作為後續設置參考。其設置情形及數量與外觀造型如下：

(一)澳洲墨爾本

由墨爾本市政府的開放資料庫中，直飲台共設置 272 台，幾乎都集中於墨爾本市中心（詳圖 1），以市中心平均人口數 57.6 萬人概估，每個直飲台的服務水準約為 0.21 萬人。材質以不銹鋼為主、單出水口居多，台身樣式多，但也有許多直飲台為同型大批採購設置。

雖然直飲台數量多，看似服務水準很不錯，但整個大墨爾本地區人口高達約 4 百 44 萬人，僅有市中心 57.6 萬人的直飲設備設置密度較高。資料顯示其餘大墨爾本地區，直飲台僅設置於公園與綠地，但數量不明確。



圖 1 澳洲墨爾本戶外飲水台照片及分布圖

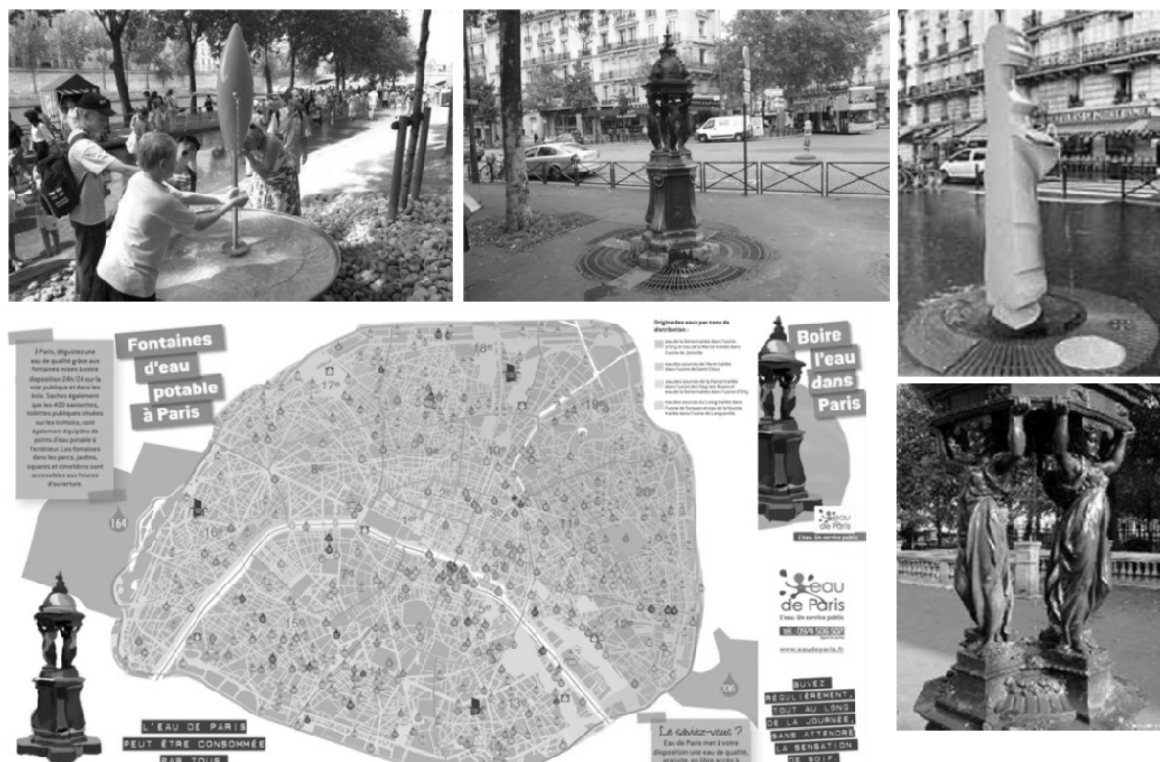


圖 2 法國巴黎戶外飲水台照片及分布圖



圖 3 美國舊金山戶外飲水台照片及分布圖

(二)法國巴黎

於巴黎的 336 處公共場域合計設置 722 台，集中設置於巴黎市內，平均每處設置約 2.15 個直飲台，以人口數 225 萬人概估，每「台」服務水準約為 0.31 萬人，但每「處」的服務水準變成為 0.67 萬人。巴黎直飲台的外觀造型與材質變化較多，甚至供水方式也多變，由圖 2 照片顯示，許多直飲台為持續出水的噴泉式飲水台，並非全部為按壓式飲水台。

(三)美國舊金山

2016 年官方資料顯示僅有 42 台，設置於舊金山郡轄區內（詳圖 3），以平均人口數 86.5 萬人概估，每台的服務水準約為 2.06 萬人，密度偏低。值得一提的是，舊金山為了搭配推動禁用寶特瓶政策，特別在直飲台設計了水壺取水專用龍頭，以鼓勵民眾攜帶水壺出門。惟相較於墨爾本與巴黎，舊金山的戶外直飲台數量甚少，未來服務水準可望會

再提升。

(四)日本東京

查無相關飲水台設置資料，經詢問東京水道服務人員，表示因國情不同，日本普遍認同自來水可生飲，打開水龍頭就可以喝水，所以除部分公園景點、車站及公有建物內會提供飲水台外（如圖 4），戶外場地很少設置額外設備供水。

東京直飲台並非水道局所轄，而是公園管理單位自行設計施工，多半為 RC 磨石子，市面也可買到飲水台成品，如同臺北公園路燈管理處所設置的洗手台，但東京卻兼具飲用功能。

(五)新加坡

經詢問新加坡公共事業處（PUB）表示新加坡是缺水國家，長期以來重視的是省水，甚至將汙水回收再製成新生水（NEWater），作為工業用水以及冷氣冷卻水用，由獨立的管網系統，透過專管直接供應

給對此有需求的工業客戶。乾季時期，新生水會部分被注入既有的蓄水池內，與原水混合再經過淨水場處理，少部分送入管網。由於整體水事業體之管理良好，民眾已經對自來水水質具有信心。新加坡僅部分公園內有

飲水機，都由公園管理處裝設，目的為供民眾飲水解渴，不是為了推廣自來水直飲（圖 5）。而且公園的飲水機都裝有濾水器，甚至接上電源安裝冷卻設施，提供冰涼飲水，以達到消暑解渴的目的。



圖 4 日本戶外飲水台照片



圖 5 新加坡戶外飲水台照片



圖 6 義大利大羅馬地區飲水台

(六)義大利羅馬

羅馬市自 1870 年代便開始陸續設置飲水台，140 年來，整個大羅馬地區安裝總數已超過 3,800 台，矗立於羅馬的大街小巷中，與隨處可見的古蹟融合形成獨特的街道景觀。由於其出水口形狀很像下垂的鼻子（義大利語稱作 il nasone，複數型則為 i nasoni），因此當地居民便暱稱這些飲水台為「大鼻子」I Nasoni。如圖 6 所示。

大鼻子飲水台的水，直接取自地下的供水管網系統，跟羅馬家戶水龍頭流出的水一樣，都是自來水，水源來自羅馬市北方 130 公里的佩斯奇耶拉。由於山區的水質良好，羅馬人自古以來就一直享有優質公共給水，即便古代沒有淨水消毒設備，居民仍習慣生飲水道水，而這種習慣持續到現在。數以千計的飲水台，不以按壓出水方式供水，

而是 24 小時連續流出，即便夏天氣溫炎熱，飲水台在陽光曝曬下發燙，大鼻子的出水仍保持冰涼可口，沒有滯留變溫的問題。

三、臺北市直飲推動情況

北水處除不斷提升淨水及水質管理系統及技術，改善輸配水系統相關設備外，更以「台北好水」服務團協助用戶用水設備自主維護管理，加上衛生下水道接管普及率高，已有效杜絕汙水與自來水鄰近汙染之風險。在多項條件變得愈來愈有利之下，自來水全面直飲時機愈趨成熟。

(一)直飲條件已趨成熟

1.水質

臺北地區擁有水質優良的新店溪水源，自原水取水、整個淨水流程，到輸配水管網的水質，均以水質電腦監視系統 24 小時連續嚴密監測，詳圖 7 所示，隨時掌握水

質狀況，提供民眾安全穩定、衛生可口、適合直飲的自來水。另為確保飲水安全與品質，北水處從水源至用戶水龍頭，實施「全流程水質管理」。水質全程管理，符合直飲條件。

2. 管網改善

北水處為改善管網系統，降低漏水，汰換老舊管線，提升水資源有效利用及用戶服務品質，自 2006 年起，推動「供水管網改善及管理計畫」，作為漏水改善的長程策略方針，計畫以 20 年期間，投入超過 200 億元經費。2006 至 2016 年止已汰換老舊管線長度達 1,800 公里，並將汰換管線用戶端給水管全面汰換成不鏽鋼管及耐震、防鏽之不鏽鋼波狀管，因此漏水率已大幅降低，也讓臺北充分滿足直飲要件。

3. 衛生下水道接管

北市府為配合未來都市發展，推動衛生下水道工程，依內政部營建署網站「全國污

下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表」，截至 2017 年 1 月，北市接管普及率高達 81.18%，為全臺最高。

北市各防火巷施作污水下水道工程，除進行污水管接管及化糞池填除作業，北水處亦配合進場汰換給水管線為不鏽鋼直管及波狀管，並將給水管線由屋後改至屋前接水。除給水管材材質採用耐震、防鏽之不鏽鋼外，也有效排除防火巷化糞池或給水老舊管線破損，所潛在污水與自來水鄰近污染的風險。

4. 台北好水服務

臺北地區高樓大廈大部分均透過水池、水塔等用水設備間接供水，與歐美等先進國家以直接供水為主有所不同。自來水直飲須符合水壓充足、輸配水管網健全、用戶用水設備完善及定期清洗維護等條件，前兩項為北水處的責任，後兩項則須用戶共同配



圖 7 北水處水質監測項目與即時監控

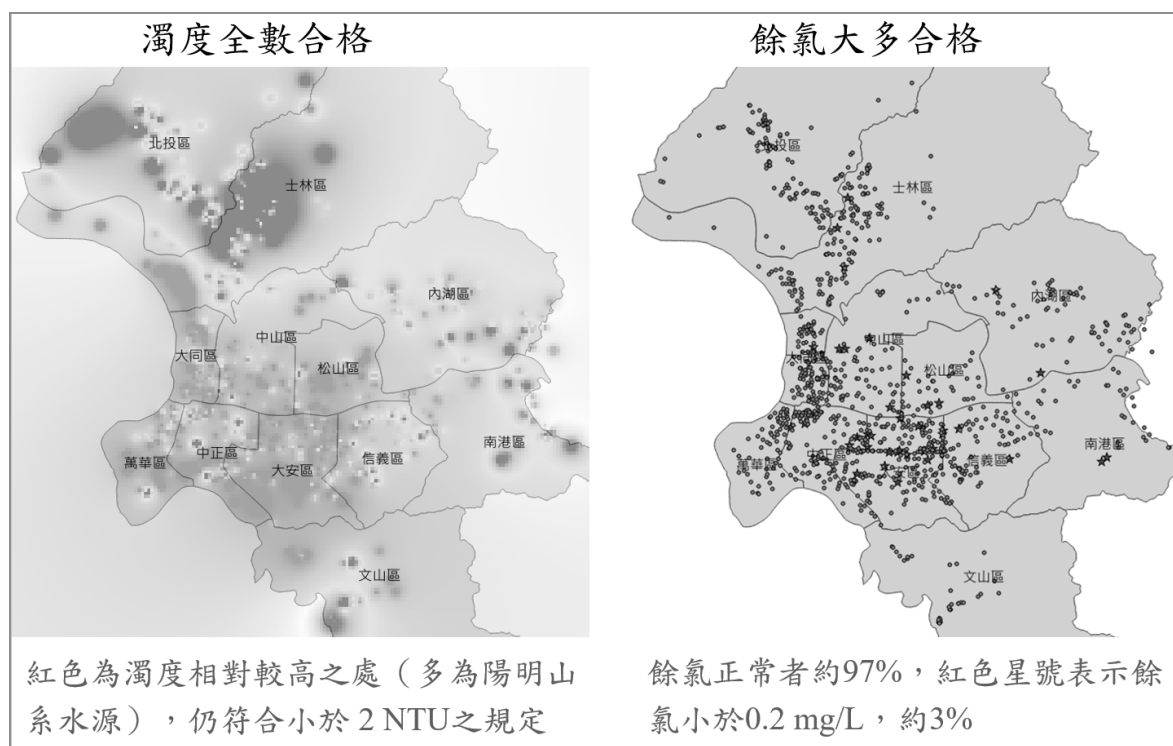


圖 8 北水家戶端水質普測結果，顯示源頭至龍頭水質優良

合。用戶用水設備屬於用戶財產，由用戶自行維護管理，惟部分用水設備易因民眾認知不足疏於維護管理，進而使用水安全產生風險。依歷來本處用戶水質申訴案分析顯示，水質異常之原因，大部分為用戶用水設備不健全或未定期清洗造成間歇性污染。

有鑑於此，北水處自 2012 年起推動「台北好水服務」，主動協助用戶檢查用水設備及進行水質檢驗，並協助建立用戶用水設備自主維護管理制度，以確保民眾用水安全。北水處近三年於用戶端進行之「水質普測」，顯示水質合格率非常高，如圖 8 所示，代表源頭至龍頭水質狀況十分良好。

(二) 北市府直飲台設置狀況

依據臺北市政府資料開放平台中，環保局「臺北市公共場所飲水機資訊」，統計至 2016 年 7 月 1 日止，北市各局處於 189 處公

共場所（不含學校）一共設置 805 台飲用水設備，提供民眾飲水服務，包含了飲水機及直飲台，其座標布點如圖 9 所示。另臺北市北邊（士林、北投區）主要為山區非人口集中分布區，故飲用水設備設置較少。

自柯市長上任以來，2015 年已優先於大型公園（20 台）、遊憩景點（8 台）、運動場所（8 台）及其他（5 台）等地點一共增設了 41 台。2016 年除將配合各公園整建規劃設置外，亦已評估於西門町、花博園區、河濱公園、關渡宮及天文教育館等多處地點設置。截至 2016 年 5 月 4 日全市有 154 處所共設置 616 台直飲台（含學校 404 台），皆符合飲用水水質標準，且設置點周邊設有 24 小時水質線上監測管理，以確保飲水安全，相關資訊皆刊登北水處網站臺北好水服務專區，可供民眾查詢。另為使市民能安心直

飲，使水質資訊更加公開透明化，每台直飲台亦設置 QR code 銘牌，便利市民使用手機即時查詢直飲台的水質最新狀況，以增進市民直飲信心。

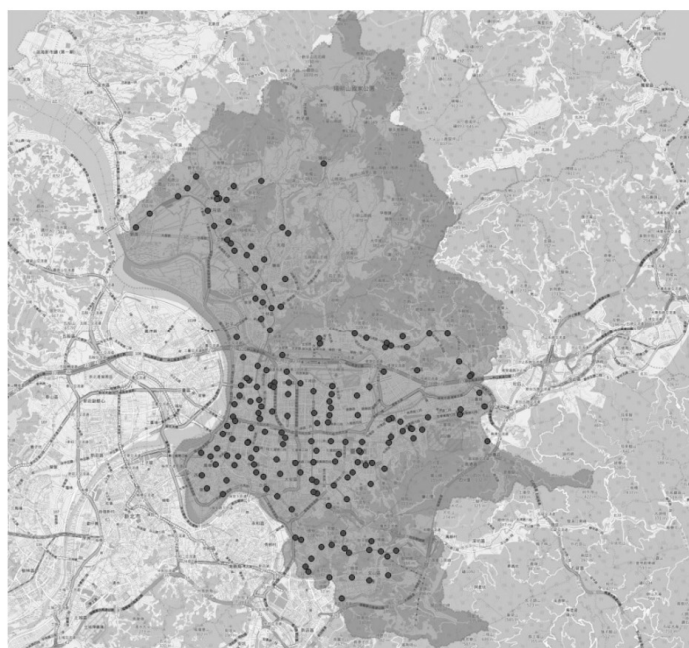
由本篇蒐集之國內外資料中，因為羅馬飲水台全部屬於經常流動出水形式，易造成水資源浪費，並非新式按壓出水型直飲台，故設置密度與形式不列入臺北規劃時參考，則其他國外戶外公共場域飲水台設置，以巴黎 336 處、722 台，及墨爾本 272 台數量較多，且多以公園及觀光遊憩景點設置為主，都較北市目前學校以外公共場域之直飲台 129 處、212 台為多。另以服務水準而論，北市平均人口數為 270.5 萬人概估，每處服務水準約為 2.1 萬人(每台服務水準則為 1.28 萬人)，與多數先進國家相較仍顯不足。雖然臺北市自馬市長執政，於 1999 年以來設置於建物或學校、機關內之飲水機台數量不算少，但民眾於室外活動時仍有取水點不足之憾。爰此，北市後續規劃應以增加戶外公共

場域直飲台數量為設置之重點。

此外，經過兩年的直飲台安裝選型實地安裝心得，北水處使用了非常多種形式的直飲台，如圖 10 所示，發現每種直飲台各有優缺點，但未來如要安裝到戶外為主，則必須考量戶外落葉阻塞、風吹雨淋生鏽、日曬直射發燙、外力撞擊損壞…等不利因素，某些直飲台需要耗費更多維護人力，勢必不適合放在戶外。堅固耐用，免維護的 RC 磨石子、石材直飲台應為首選。

四、未來直飲台設置方向

將以戶外與建物直飲兩大主軸推動未來北市直飲，其中戶外直飲為公共場域飲水服務：「悠遊臺北、暢飲好水」，為造訪旅客及市民遊憩活動，結合便利大眾交通運輸系統，於北市戶外公園活動場域、鄰里公園、及人潮聚集公共場所提供飲水服務，讓悠遊臺北處處有水喝，減少瓶裝水使用，落實節能減碳，形塑臺北友善及綠色永續城市。



行政區	場所數	飲水機台數
士林	11	71
大同	10	66
大安	19	117
中山	23	58
中正	17	80
內湖	15	22
文山	23	47
北投	22	41
松山	13	29
信義	14	174
南港	12	58
萬華	10	42
總計	189	805

圖 9 臺北市公共場所(不含學校)飲水點分布圖



圖 10 北水處 2014~2016 戶外新設直飲台之形式

建物直飲部分則結合北水處於民眾建築物興建時，內線設備圖說之審查，工程完竣後的查驗，並於建物取得使用執照入住以後，協助用水設備維護，確保內線水質安

全，以期能直飲龍頭水。

北水處賡續推動「台北好水服務」，以建物直飲為目標，協助用戶檢視用水設備及水質檢驗，以建立良好自主維護管理機制；

且為加強宣傳成效，對於觀光景點建物、觀光飯店、行政中心、運動中心、世大運場館等指標建物及公共場所，除提供專業服務輔導成為直飲建物外，並將頒發「建物直飲標章」以增加民眾之認同感。

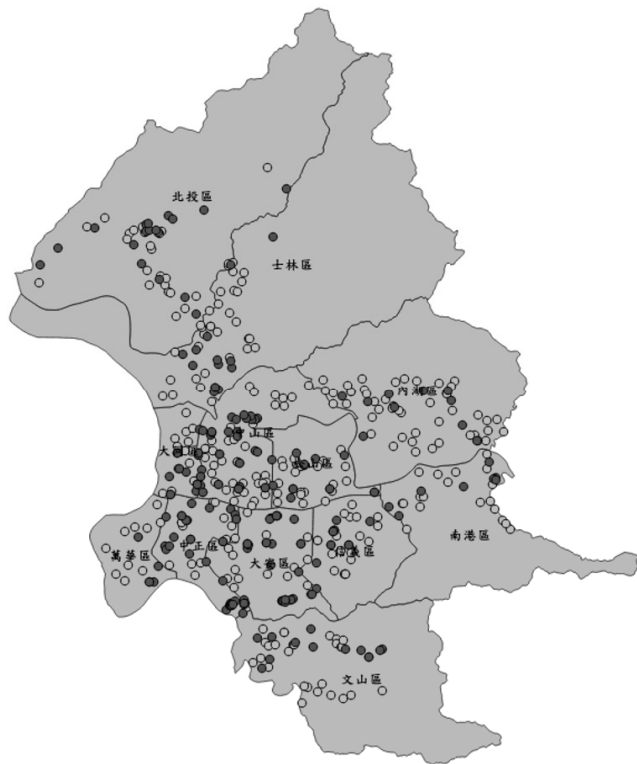
(一)戶外直飲

北市公園處轄管所有戶外公園，未設置直飲台且有水源之地點共 288 處，詳圖 11，為未來直飲台主要設置場所，其他公共場域則為次要設置場所。後續將由北水處、公園處與相關單位共同會勘評估設置條件是否符合及確認設置地點。初步規劃設置 250 台，並依實際執行情形調整。若完成設置後，戶外公共場域直飲台數為 379 處(462 台)，北市平均人口數為 270.5 萬人概估，每處服務水準將達為 0.71 萬人(每台服務水準

則為 0.58 萬人)，服務水準將大幅提升，可媲美巴黎市之水準。

(二)建物直飲

良好的建物內線設備，民眾理當可以直接飲用自來水，然而現實面上將遭遇許多挑戰(詳圖 14)。北水處為擴大轄區直飲場域，將持續推動「台北好水服務」，協助用戶辦理用水設備檢查及水質檢驗，藉此提升民眾對用水設備維護管理之意識，並建立正確用水觀念及確保用水品質，並針對觀光飯店、機關、學校、集合社區及世大運場館等指標性建物進行輔導與推廣。未來建物直飲輔導將逐步從公共設施、旅館、運動場館，逐步推動到家戶社區，藉此循序漸進而全面展開，讓在大臺北地區都能安心直接飲用自來水。



行政區	現有公共場域直飲台數量	現有公共場域直飲台處所數	規劃設置公園數量
士林區	13	9	31
大同區	10	6	12
大安區	32	14	17
中山區	42	20	41
中正區	31	17	10
內湖區	10	10	48
文山區	13	12	26
北投區	18	16	31
松山區	12	8	24
信義區	16	8	18
南港區	10	7	20
萬華區	5	2	10
總計	212	129	288

資料: 統計至 2016 年 5 月 4 日

圖例: 紅色-現有公共場域直飲台處所
綠色-規劃設置公園處所

圖 11 北水處 2016~2018 預定新設戶外直飲台之公園布點

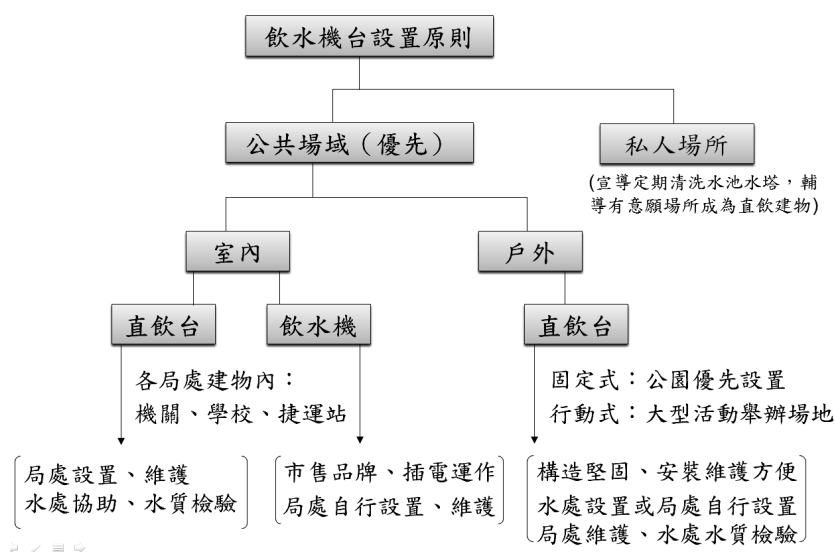


圖 12 北市府直飲台/飲水機台設置原則



圖 13 北水處 2016~2018 設置於戶外直飲台之主要三種形式

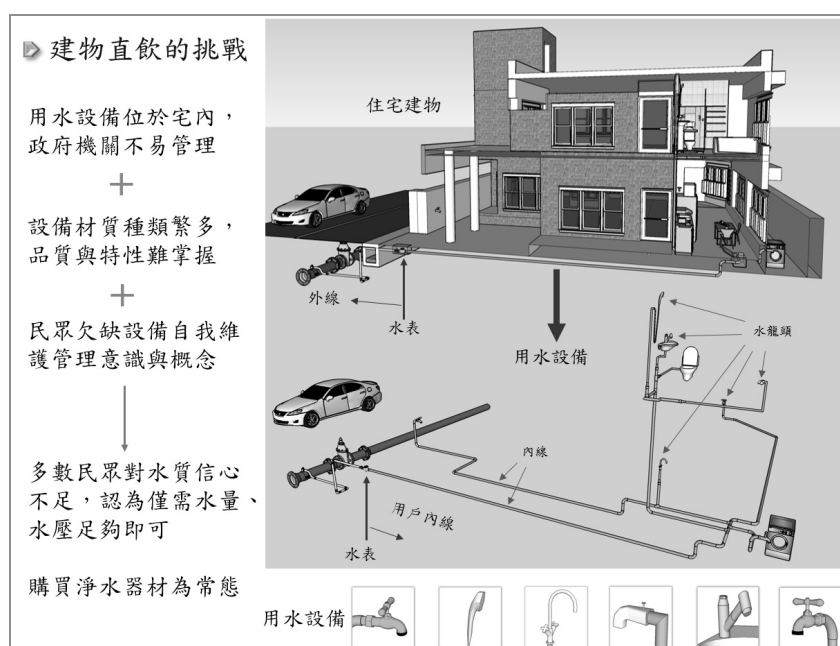


圖 14 推動建物直飲將遭遇的挑戰

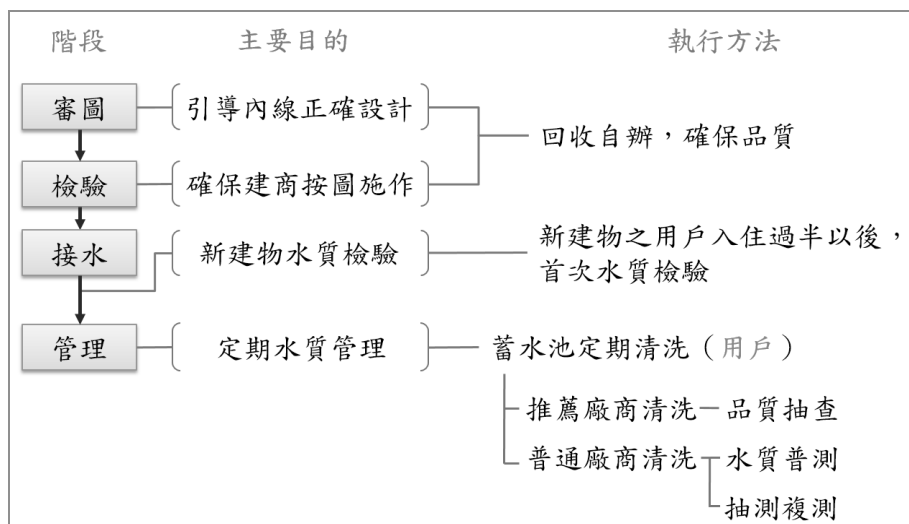


圖 15 審圖.檢驗.接水.管理 建物直飲全流程一條鞭把關

北水處自 2016 年將新建物之內線檢驗回收自行辦理後，建物內線生命週期的管理上，將可因此拼齊最後一塊拼圖。由建築師一開始繪圖時的圖面審查、建商配線後的現場檢驗、到申請接水後的內線管理，全部由北水處一條鞭的管控與協助（圖 15）。用戶入住後更結合定期蓄水池清洗作業，相關合格清洗業者也經由北水處訓練、頒發證書、上網推薦，對於提升建物內線品質、邁向直飲建物做出了重大的貢獻，也更能確保用戶直接打開水龍頭，每一滴水都是可口、安全無虞的，毋需煮沸、更不必二次過濾。

參考文獻

- 1.臺北自來水事業處 臺北市直飲推廣計畫，2015 年7月。
- 2.臺北自來水事業處 直飲台設置管理維護計畫，2016年9月。

作者簡介

許雅玲小姐

現職：臺北自來水事業處技術科 三級工程師

專長：物料管控、材料規範、預算管理

林志成先生

現職：臺北自來水事業處技術科 三級工程師

專長：給水工程、單價分析、建築設計

黃欽稜先生

現職：臺北自來水事業處技術科 股長

專長：管網改善、漏水控制、數值分析

時佳麟先生

現職：臺北自來水事業處技術科 科長

專長：技術研發應用、地理資訊系統、工程考核管理、
內線審圖檢驗



降低自來水用戶用水耗能及提升水質安全之探討

文/江清蓮、洪世政

摘要

在兼顧飲用水水質安全情況下，於非尖峰用水時段有效利用自來水管網水壓，直接加壓至高處水塔儲用，預估國內推廣採用達 250 萬 CMD 時，可降低尖峰用水 6 小時共約 21 萬 KW-hr 電力負載，每日並可節能 21 萬 KW-hr。有鑑於綠能是政府目前積極推動的政策，此項兼顧安全用水及節能的供水方式，值得主管能源政策單位修法推廣及自來水事業單位參考。相關配套措施包括：1. 修法允許自來水用戶在消除負壓情況下，直接加壓抽水至水塔儲用；2. 減少自來水在管線的流動摩損，並在管網高水壓時直接加壓至水塔將更節能；3. 自來水單位比照電力公司，引進智慧水表，優惠非尖峰用水時段水價，以增加推廣誘因。

關鍵詞：用戶用水設備，直接加壓，馬達直接抽水，吸排氣閥，負壓紅吸污染，節能減碳，綠能政策

一、利用自來水管壓達到節能效果的論述

- 國內水力發電廠：烏山頭西口水力發電廠設計每小時約 18.7 萬噸水自 24.5 公尺落差重力流下進行水力發電，每小時發電量約 1.15 萬度；翡翠水庫水力發電廠每年約 8 億噸水以約 111 公尺落差重力流下進行水力發電，每年發電量約 2.2 億度。前述二者換算為每小時 1 噸水自 10 公尺高重力流下進行水力發電，發電量約 0.025 度/噸*10 米高程。
 - 大型加壓供水用電實例：北水處 OO 淨水場 104 年出水量約 8,800 萬噸，使用三相電力抽水機增壓 3.0 kg/cm²，耗電約 1,200 萬度，相當於淨水場每噸供水加壓 1 kg/cm² 約需 0.05 度電力，所耗電力約為抽蓄水力發電之 2 倍。
 - 用戶加壓用水耗能概估：多數用戶抽水機使用單相電力，而單相抽水機效率僅為三單相抽水機之 0.58 (1/√3)，且輸送磨損會隨管件之水力半徑縮減而增加，因此用戶每噸用水加壓 1 kg/cm² 平均耗能概估增加為 0.07~0.15 度電力。
 - 利用地下室蓄水池進水管線水壓：大樓用戶蓄水池普遍位於地下室(地面下 10 米)，非尖峰用水時段自來水管壓平均以 1 kg/cm² 計，可利用 2 kg/cm² 水壓，倘使用三相抽水機改自地下室進水管線直接加壓至水塔儲用，則每噸用水預估節能 0.14 度電力。
 - 間接抽水尖峰電力負載：間接用水係自來水先經蓄水池再加壓抽水至水塔，除未能有效利用自來水管線水壓，且多數抽水機
- 通識：如教科書中所述，1 台抽水機可由 2 台(揚程減半)抽水機串聯替代，因此，有效利用自來水管壓即可選用較低揚程抽水機運轉操作，節能效果是必然的。
 - 水力發電：功率 $P = 9.8 \eta QH$ (kw)，式中的 η 為整體效率。當水力落差 H 為 10 公尺，流量 Q 為 24 CMD (2.78*10⁴ 噸/秒)，效率為 80%，則發電輸出功率 $P = 9.8 \eta QH = 9.8 \times 0.8 \times 2.78 \times 10^4 \times 10 = 0.022$ kw (即每小時發電 0.022 kw-hr)，彙整如圖 1 及表 1。

於用水尖峰時段運轉，導致增加尖峰用電負載。

- 非尖峰直接加壓儲水節能：大樓既有大型抽水機改用較小流量抽水機，可減少管線水壓損失，並於非尖峰用水時段直接加壓運轉操作，有利於節能及降低尖峰用電負載。

二、負壓污染防制背景說明

- 日本法規：有條件允許自來水用戶自受水管直接抽水，兼具有效利用受水管餘壓(節能減碳)及負壓污染防制之功效。
- 國內法規：經濟部水利署公布「自來水用戶用水設備標準」第 14 條規定「用戶裝設之抽水機，不得由受水管直接抽水」，其用意在於維持管網水壓及避免負壓污染。

- 國內現況：國內屢見自來水用戶使用馬達直接抽水，且低處蓄水池亦會造成虹吸負壓進水，負壓污染堪虞，亟待自來水事業單位協助改善。
- 分區供水案例：民國 91 年北臺灣實施抗旱分區停水為期 54 日之分區停水期間，北水處當時供水管線汰換尚未普及，其供水轄區水質申訴案高達 2,000 餘件，幾乎為平常的數 10 倍，其中用戶因馬達直接抽水致水質污染者亦達 200 餘件。
- 北水處改善對策：北水處為維持管網水壓及避免負壓污染，除規範口徑 50mm 以上的大表需安裝持壓閥及積極汰換供水管線，另自 95 年起要求新建物全面安裝吸

表 1 自來水加壓供水耗能與直接加壓用水節能概估表

對象	電力	備註
水力發電	0.022~0.025 度/噸*10 米高程	公式推算及實例
淨水場加壓供水(耗能)	0.05 度/噸* kg/cm ²	三相抽水機(實例)
用戶加壓用水(耗能)	0.07~0.15 度/噸* kg/cm ²	多數為單相電力(概估)
地下室進水管線直接加壓(節能)	0.14 度/噸* 2kg/cm ²	多數為單相電力(概估)

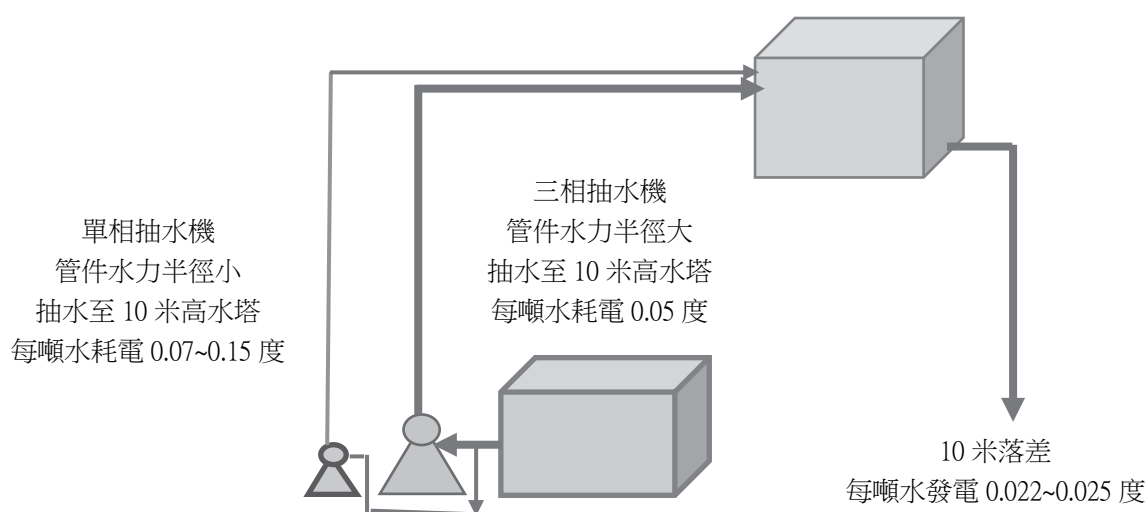


圖 1 水力抽蓄耗電及發電示意圖

外排氣閥。

- 台水轄區負壓防制案例:台水公司新北市板橋供水轄區一棟 400 餘戶用戶，自來水進水管線 150mm 進入位於 B3 地下室蓄水池，約 10 年前因發生復水初期水壓不足事件，導致住戶逕行拆除持壓閥，本文作者為確保住家用水質安全，乃協助其社區大樓管委會於表後進水管線高處自行組裝一只 $\Phi 12\text{mm}$ 吸排氣閥，花費約 12,000 元，進水表後之吸排氣閥照片如圖 4，該設施迄今正常運作。

三、節能無負壓揚水槽安裝測試

節能無負壓揚水槽設備如圖 2 (國內專利)，由浮球閥進水及底部管線出水，進、出水管線分別裝設一只逆止閥，具備「水壓充足時進水、低壓時調節供水」的優點，水槽水位過低時，浮球開關中斷抽水機電源；水槽進水至滿水位，浮球閥停止進水，抽水機待機運轉。

循環測試設備組裝如圖 3，位於高程約 1.2 公尺的循環水槽，其出水管線依序串接 0.5Hp 加壓幫浦，水壓表 in→負壓吸氣閥→傳統式水表，之後與「節能無負壓揚水槽」並接後，再串接 0.5Hp 揚水幫浦→水壓表 out→進水閥→浮子流量計→循環水槽，控制箱依水槽水位階點控制揚水幫浦運轉及觀測運轉電流，節能效益分析結果如表 2。

模擬管網低水壓：上方循環水槽以重力流下，加壓幫浦未運轉情況下，揚水幫浦啟動抽水至循環水槽，調整循環水槽進水流量為 18 公升/分鐘，閥前水壓為 2.4Kg/cm^2 ，運轉電流 4.5A、電壓 110V，相當於每小時耗

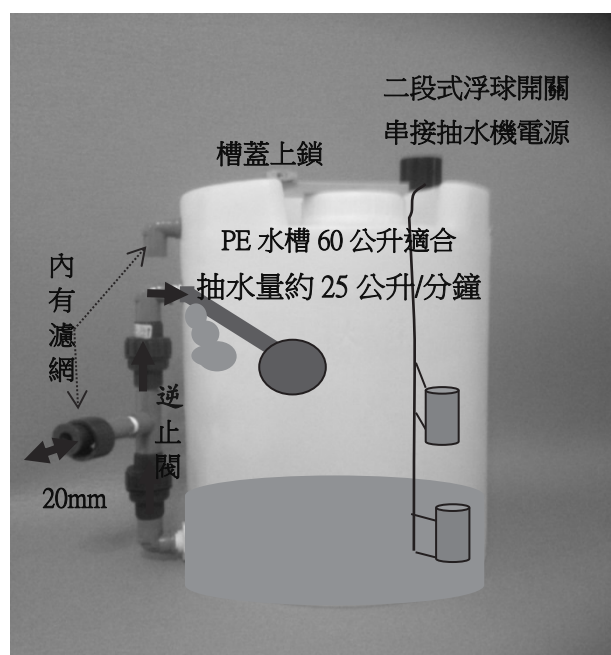


圖 2 節能無負壓揚水槽示意圖

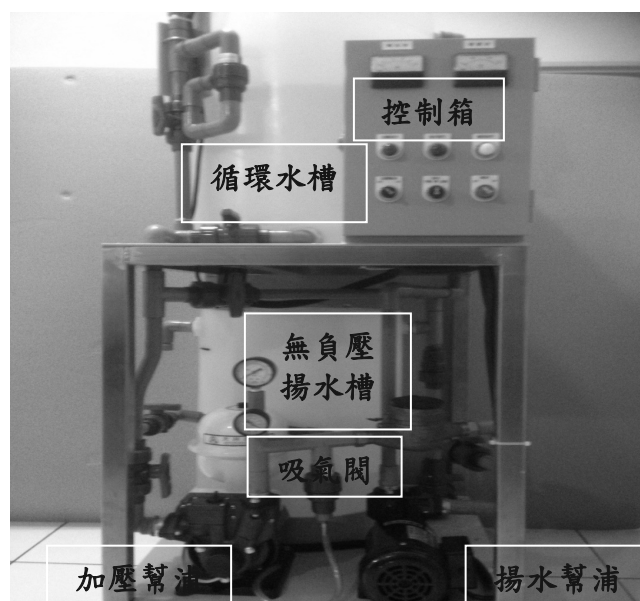


圖 3 節能無負壓揚水槽循環測試設備

電 0.5kW 將 1.1 噸的水送達 5 層樓高水塔(即 0.45 kW-hr/噸)。前述即模擬在管網低水壓直接抽水，表前水壓雖為負壓，因「節能無負壓揚水槽」水位緩降，並未出現負壓虹吸現象，當揚水槽低水位抽水機自動停機，隨後水壓回升揚水槽補水達高水位，抽水機恢復

啟動；倘將節能無負壓揚水槽隔離，則持續負壓抽水且表前出現負壓虹吸，此現象顯示自來水有受污染之虞。

模擬管網高水壓：啟動加壓幫浦，模擬管網水壓足以維持表前水壓 1.0 Kg/cm^2 ，再啟動揚水幫浦抽水至循環水槽，循環水槽進水流量增為 25 公升/分鐘，閥前水壓達 2.8 Kg/cm^2 ，揚水幫浦運轉電流降為 4.1A，相當於每小時耗電 0.45kW，將 1.5 噸的水送達約 5~6 層樓高水塔（即 0.3 kW-hr /噸）。

節能效益：有效利用自來水管線水壓，當抽水機運轉時進水水壓維持 1.0 Kg/cm^2 ，揚水至 20m 的 5 層樓高水塔，每噸水可節省 0.15 度(0.45→0.30)電力，以每人每年用水 80 噸計，每人一年可節電 12 度，此水槽可供作 8 戶共 30 人用水之負壓防制，每年並可節能 36 度電力。

四、透天厝用水設備改善案例

台水公司桃園市透天厝住家，用戶使用 0.5Hp 陸上型揚水幫浦，電源為單相電壓 220V，進水表後管線長度 20 公尺及管徑 20mm 情況下，馬達直接抽水造成的壓降約 0.7 kg/cm^2 。經並接「節能無負壓揚水槽」、幫浦進水水壓表、幫浦出水水壓表、排氣閥

及串接測試用電子式水表（如圖 4），探討在不同管網水壓下揚水操作效能如表 3。

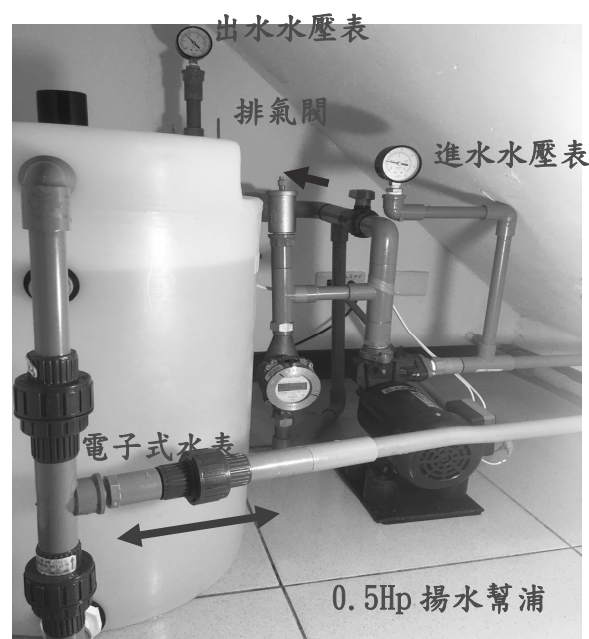


圖 4 節能無負壓揚水設備安裝測試

在管網水壓 0.5 kg/cm^2 ，抽水機運轉電流 2A，揚水水壓約 2.1 Kg/cm^2 ，至水塔(5 層樓高約 20m)流量為 1.3 噸/ hr，進水端水壓降為 0 kg/cm^2 （表前臨近負壓），此現象如同自蓄水池間接抽水。水槽水位降低自動破壞負壓紅吸，迄低水位抽水機停止運轉，隨後水槽水位回升，抽水機恢復運轉，抽水機啟閉切換週期 10~15 分鐘，每噸水耗電 0.33kW-hr ($2 \times 220 / 1.3$)。

表 2 節能無負壓揚水槽模擬測試節能效益分析表

進水端動水壓	模擬管網低水壓 $< 0.7 \text{ kg/cm}^2$	模擬管網維持 1 kg/cm^2 水壓
揚水端水壓	2.4 Kg/cm^2	2.8 Kg/cm^2
加壓電力	0.45 kW-hr /噸	0.3 kW-hr /噸
節能	—	0.15 kW-hr /噸
電源	單相	單相
幫浦啟動	間續(10~15 分鐘/週期)	連續
備註	表前負壓(可破壞紅吸)	表前正壓



表 3 節能無負壓揚水槽安裝於透天厝運轉效能分析表

管網水壓	低水壓<0.7 kg/cm ²	管網水壓 1.2 kg/cm ² 水壓	
進水端動水壓	0 Kg/cm ²	0.5 Kg/cm ²	1 Kg/cm ² (推估)
揚水端水壓	2.1 Kg/cm ²	2.2 Kg/cm ²	2.3 Kg/cm ² (推估)
加壓電力	0.33 kW-hr /噸	0.26 kW-hr/噸	0.2 kW-hr/噸
節能	—	0.07 kW-hr/噸	0.13 kW-hr/噸
電源	單相	單相	單相
幫浦啟動	間續(10~15 分鐘/週期)	連續	連續
備註	水槽水位降低破壞紅吸並自動啟閉抽水機	水槽維持滿水位	進水管線減少模擦損失 (對策)

表 4 大樓抽水設備改善及節能費用概估表

	間接揚水	直接加壓揚水
管網水壓	0.7 kg/cm ²	0.7 kg/cm ²
幫浦進水端水壓	0.1 kg/cm ²	2 kg/cm ²
電源	三相	三相
揚程	75 m	75 m
耗能	0.48 kW-hr /噸(三相電力)	0.34 kW-hr/噸(三相電力)
新建物新設成本	—	無(採用 1 大 1 小揚水幫浦)
舊建物改善成本	—	7 萬元
回收年限	—	12 年(低電價 2.5 元/度)
備註	現況	概估

當管網水壓達 1.2 kg/cm²，抽水機運轉電流 1.9A，進水端水壓維持 0.5 kg/cm²，水槽維持滿水位，揚水端水壓約 2.2Kg/cm²，至水塔流量增為 1.6 噸/hr，每噸水耗電降為 0.26 kW-hr (1.9*220/1.6)，節能 0.07 kW-hr (0.33-0.26)。

新建物自來水總表前幾水管線，若能縮短長度或加大管徑，可減少管線模擦損失，當進水端水壓能維持 1.0 kg/cm，每抽一噸水至 5 樓水塔，預估耗能可降為 0.20kW-hr/噸，提升節能達 0.13 kW-hr(0.33-0.20)。

五、大樓抽水設備改善及節能費用概估

台水公司位於新北市板橋供水轄區大樓用水設備，其蓄水池位於 B3 地下室，因表後管線高處已設負壓吸氣閥，無負壓污染之虞。13 層以下樓層由三相電力 2 台 30 Hp 揚水泵，自 B3 揚水至 15 層樓水塔(揚程約 75m)，供應 72 住戶約 300 人每日約 75 噸用水，其中 60%(45 噸)若改為直接加壓揚水，進水管線可利用水壓約 2.0 Kg/cm²，每噸用水節省約 0.14 度三相電力，每日可節省 6.3

度電力，全年合計節省 2,300 度電力，每度電力以 2.5 元計，年省 5,750 元；另 13 樓以上高樓層用水係自蓄水池抽水，可避免蓄水池水質滯留。舊建物需增設管線如圖 5 虛線部分，設備改善費用約 7 萬元，回收年限約 12 年；若為新建物，其中 1 台可採用 7.5HP 抽水機(如圖 5)並聯操作設計，無需增加設備費用。

六、降低尖峰用電負載及節能概估

大樓地下室蓄水池至水塔之平均揚程約 40 米，即每噸用水至少需增壓 4 kg/cm^2 ，平均耗能以 0.28 度電力計，全台類似用水情況者保守以 250 萬噸計，相當於每日加壓用

水耗電約 70 萬度，推估目前尖峰用水時段約有 30%用戶水塔水位未低於下限，可調整於非尖峰用水時段直接加壓至水塔儲用，即避開用電尖峰 6 小時降低用電負載 21 萬 KW-hr，相當於每小時降低 3.5 萬 KW 尖峰發電負載，約佔全台發電量的千分之一；另 60% 用水調整於非尖峰用電時段，利用水壓為 2 kg/cm^2 改採直接加壓至水塔儲用，用水加壓耗電由間接加壓的 42 萬 KW-hr 節省為直接加壓的 21 萬 KW-h(如表 5)。推估 40%間接加壓用水比例，可降低尖峰用電及節能各約 21 萬 KW-hr，全台每年概估可節省 767 萬 KW-hr，每度電力以 2.5 元計，每年可節省 1.9 億元。

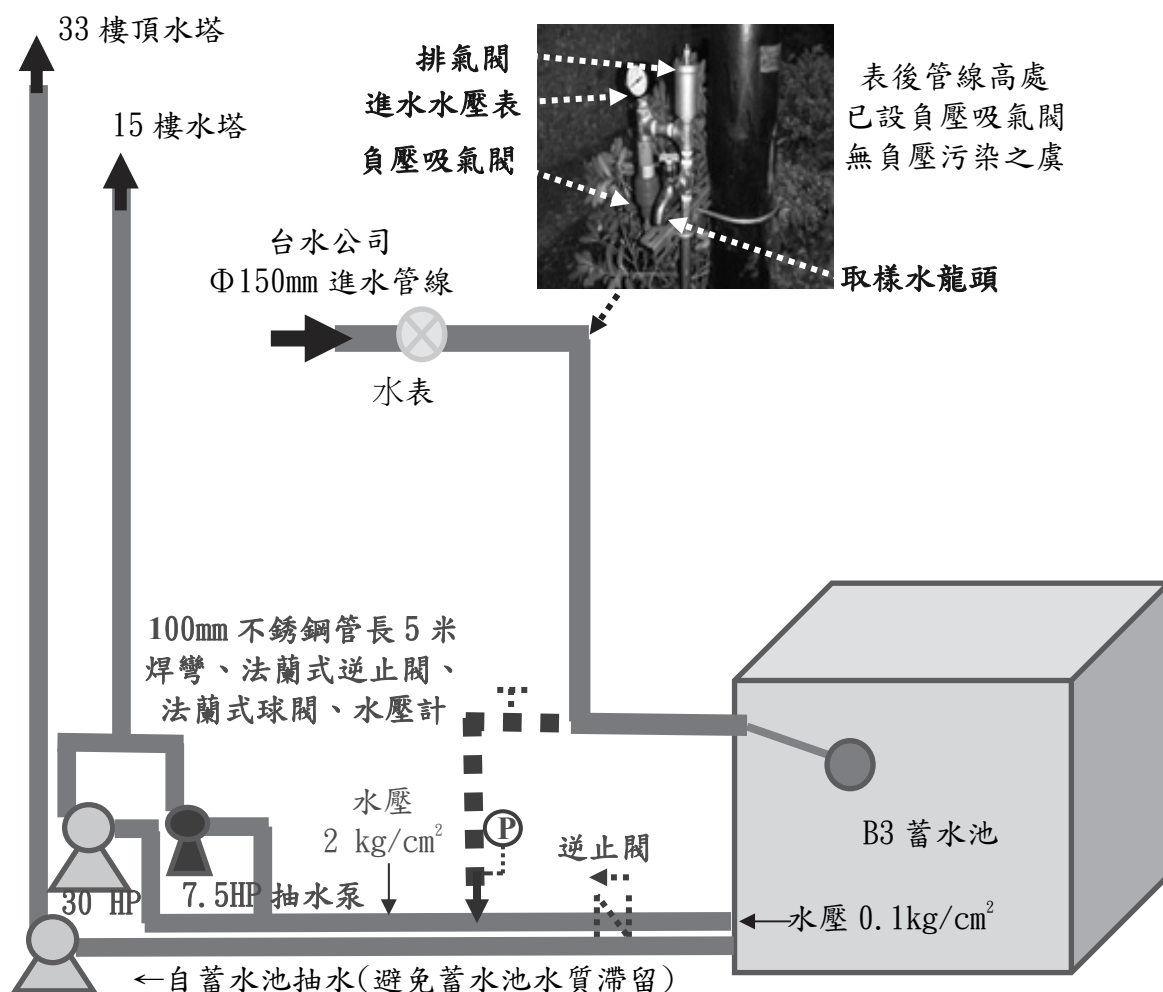


圖 5 大樓抽水設備改善圖說

表 5 大樓間接用水降低尖峰用電及節能效益概估表(250 萬 CMD)

項目	現況	推廣方案
尖峰用水間接比例	70%(間接加壓)	40%(間接加壓)
非尖峰用水加壓比例	30%(間接加壓)	60%(直接加壓)
非尖峰用電	21 萬 KW-hr	21 萬 KW-hr(可利用水壓 2 kg/cm ²)
尖峰用電	49 萬 KW-hr	28 萬 KW-hr(降載 21 萬 KW-hr)
節能	—	21 萬 KW-hr

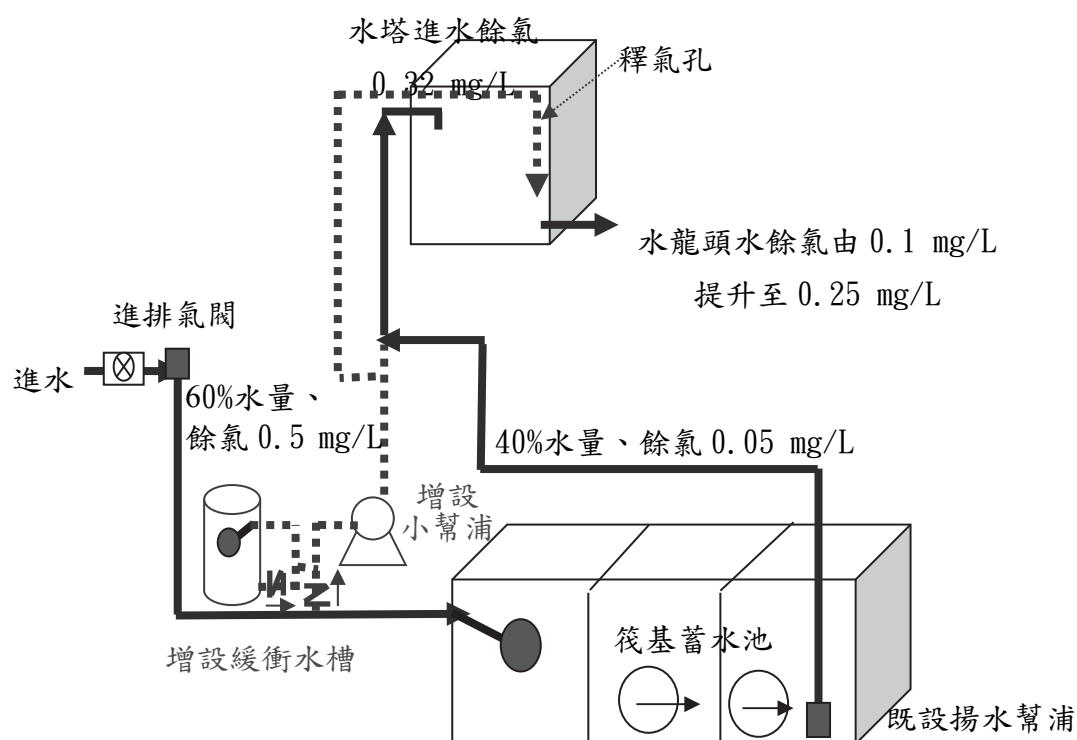


圖 6 筏基蓄水池揚水設備改善圖說

七、筏基蓄水池節能揚水及水質滯留改善

早期部分建物自來水經地下室筏基蓄水池停留多日，蓄水池水中餘氯由 0.5mg/L 降至 0.2mg/L 以下，再經抽水機輸送至頂樓水塔停留約 1~2 日，導致部分用戶家中水龍頭水質餘氯低於 0.1 mg/L，對抗污染之自淨消毒能力降低。筏基水池亦有污(淹)水入滲風險，且清洗不易，而影響用戶用水及水質

安全。

本文提出改善對策詳如圖 6，表後進水管上方管線增設進排氣閥，使具備消除虹吸負壓污染風險，地下室筏基蓄水池上方增設 1 台小流量抽水機自進水管並聯抽水(虛線部分)，於非尖峰用水時段約占 60%抽水時間，利用約 1.5kg/cm² 進水管壓直接加壓至水塔儲存，預估每噸水塔水可節能 0.12 kW-hr/噸 (60%*0.2 kW-hr/噸)。當進水管水壓不足時，

緩衝水槽調節供水水位下降，控制抽水機間續運轉。

此方案蓄水池停留時間增加導致餘氯由 0.2 mg/L 降至約 0.05 mg/L，惟水塔進水餘氯可由 0.2mg/L 提升為 0.32mg/L ($0.5 \times 60\% + 0.05 \times 40\% = 0.32$)，用戶水龍頭水餘氯提升達 0.25 mg/L(詳如表 6)。此外，若遇豪大雨地下室淹水或地震後需清洗水池及檢修池壁，可立即切換由小容量抽水機全時運轉以維持正常用水。

類似水塔餘氯偏低案亦發生於大型活動場所未辦活動期間，水塔水餘氯不足會導致水管內壁滋生不易清除的生物膜，進而影響水龍頭用水水質。本節有關提升水塔餘氯改善方式，係水塔進水管延伸至水塔底層出水管附近，並於進水管線上方鑽釋氣孔防止虹吸逆流，使新鮮的自來水短流至水塔底層出水管，而提升水塔出水水質餘氯。

八、相關法規修訂

經濟部水利署公布「自來水用戶用水設備標準」第 14 條規定「用戶裝設之抽水機，

不得由受水管直接抽水」。本文建議修訂「用戶裝設之抽水機，得自受水管直接抽水，惟應具有有效之消除真空設備及避免抽水機空轉過熱之設備」，有條件允許自來水用戶自受水管直接抽水，例如以較小馬力揚水幫浦，在避免自來水管網產生負壓及非尖峰用電時段，直接加壓至水塔達安全庫存量，而有效降低尖峰電力負載。

九、結論

節能無負壓揚水策略如圖 7 所示，策略 1：修法允許使用適當抽水設備，確保無負壓污染之虞，例如使用適當抽水機搭配無負壓揚水槽，當管網水壓偏低致水槽過低，自動停止抽水，可避免負壓抽水進及燒毀抽水馬達線圈；策略 2：減少自來水在管線的流動摩擦損，在管網高水壓時段具節能效果；策略 3：自來水單位比照電力公司，引進智慧水表，優惠非尖峰用水時段水價以增加推廣誘因，以上值得主管能源政策單位修法推廣及自來水事業單位參考。

表 6 筏基蓄水池揚水設備改善提升水塔餘氯及節能分析表

項目	現況	推廣方案
加壓揚水	100%間接揚水	40%間接/60%直接加壓揚水
管網水壓	0.7 kg/cm ²	0.7 kg/cm ²
幫浦進水端水壓	0 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²
節能	—	0.12 kW-hr/噸(推估)
筏基蓄水池餘氯	0.2 mg/L	0.05 mg/L
水塔進水餘氯	0.2 mg/L	0.32 mg/L
水塔出水(水龍頭)餘氯	0.1 mg/L	0.25 mg/L

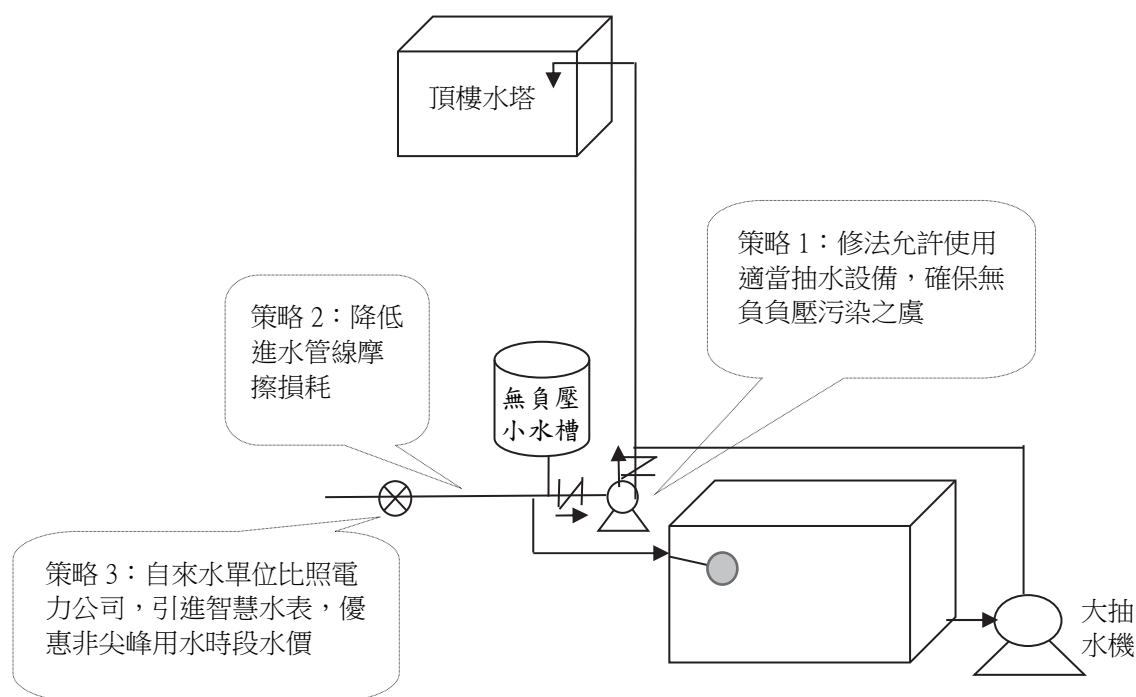


圖 7 節能無負壓揚水策略圖

參考文獻

- 1.水質管理，東京都水道局，(1998)。
- 2.水道施設設計指針(2000年版)，日本水道協會。
- 3.城市供水行業2010年技術進步發展規劃及2020年遠景目標，中國建築工業出版社（2005）
- 4.張天瑞，水力發電系統介紹，物理雙月刊第29卷第3期，96年，6月。
- 5.江清蓮，負壓污染防制技術研究，94年5月中華民國自來水會刊24卷第2期。
- 6.史午康等，供水管網負壓污染防制探討，臺北市政府95年度員工平時自行研究報告，臺北水事業處，95年。
- 7.江清蓮，負壓污染及錯接防制技術探討，第25屆自來水研究發表會論文集，中華民國自來水協會，97年。
- 8.江清蓮等，節能無負壓污染之馬達直接抽水設備改善案例探討，經濟部水利地21期刊，100年12月。

作者簡介

江清蓮先生

現職：臺北自來水事業處水質科二級工程師

專長：淨水處理、水質監控及飲用水水質改善

洪世政先生

現職：台灣自來水公司水質處處長

專長：自來水淨水處理、廢水處理、事業廢棄物處理及水質管理

新興污染物與飲用水

文/薛志宏

一、前言

我們常在文獻及報章媒體上讀到有關飲用水中檢出越來越多新興污染物的報導，這些物質到底是什麼？其來源、存在的狀態、與飲用水的關聯性及對人體健康的影響為何？有沒有必要產生恐慌？需要我們進一步去瞭解與掌握。本文蒐集相關文獻，作一扼要敘述，希自來水從業者能對新興污染物有一基本認識。

二、何謂「新興污染物」？

依照美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)的定義(1)，「新興污染物(Emerging Contaminants 或 Contaminants of Emerging Concern；CEC)是天然或合成的化學物質或微生物，過去在環境中未被監測或研究，但有可能進入環境中，對生態或人體健康產生不良影響者」。這些物質有可能已存在環境中一段時間，或因人類使用新的產品或製程而新釋放至環境中，在環境中存在很低的濃度，由於檢驗技術的進步，檢驗偵測極限降低，被檢測出來，才發現其存在。新興污染物對人類健康或生態之影響大部分為未知或不確定。

「新興污染物」包含的物質很多，一般分為藥物(Pharmaceutical)、個人照護用品(Personal Care Products)、塑化劑(Plasticizers)、阻燃劑(Fire Retardant)及農藥(Pesticide)等幾大類。美國亞歷桑納大學水資源研究中心依用途區分，分類如表 1

表 1 新興污染物依用途分類⁽¹⁾

分 類	常見物質	用 途
抗生素	四環黴素	抑制細菌感染用藥
抗菌劑	三氯沙	殺滅或抑制微生物生長之生化藥劑
清潔劑代謝物	壬基酚	清潔劑在環境或廢水處理程序中降解生成之化學物質
消毒劑	甲醛	用於表面消毒，抑制致病微生物生長
消毒副產物	二甲基亞硝胺(NDMA)	消毒劑與水中物質(如天然有機物)反應產生之化學物質
雌激素化合物	雌酮、雌二醇、壬基酚、雙酚 A	天然或合成可引起雌激素反應物質
阻燃劑	多溴二苯醚(PBDEs)	材料或塗層可防止火蔓延者
芳香劑	人工麝香	能散佈甜味或令人喜悅味之化學物質
防蟲劑	待乙妥(DEET)	塗於皮膚防止蚊蟲叮咬的物質
多元芳香烴(PAHs)	萘(Naphthalene)	由石油、木材或垃圾燃燒不完全產生之一群化學物質
個人照護用品	對羥基苯甲酸(Paraben)	化妝品或清潔用品中添加抗菌防腐化學物質
農藥或殺蟲劑	百滅寧除蟲菊精(Permethrin)	防止害蟲傷害添加之化學物質
藥物	百憂解、卡巴氮平	治療生理疾病化學物質
塑化劑	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	增加材料可塑性及流動性之化學添加物
溶劑	乙醇	用以溶解非水性物質
類固醇	膽固醇	油溶性有機化合物
工業用劑	全氟辛酸(PFOA)	工業用表面處理防水防油化學物質

在新興污染物中，有一些稱為內分泌干擾物(Endocrine-Disrupting Chemicals, EDCs)或環境賀爾蒙的人造或天然化學物質，可能會對動物或人類之內分泌系統功能產生抑制、模仿及加速作用，因而影響生物體內正常的發展、生殖及代謝等運作。EDCs 會導致諸多疾病或失能現象發生，如肥胖、糖尿病、癌症、心臟病、生殖健康問題及神經發展失序等^{[1][2]}。

EDCs 的暴露來源^[2]包括水、食物、個人照護用品及塑膠產品等，水的污染來自廢水處理排放水、工廠排放及暴雨沖刷等；食物來自海產食物的生物累積、飼養肉食牲口使用賀爾蒙污染肉或牛奶；個人照護用品來自洗髮精、化妝品、面霜及除臭劑等，種類繁多；塑膠產品主要來自雙酚 A 及鄰苯二甲酸酯(Phthalate)。其他暴露來源則有農藥、保存劑、工業用潤滑油及避孕用藥等。

包括阻燃劑、農藥、塑化劑、生殖賀爾蒙、類固醇、防腐劑及溶劑等均為內分泌干擾物，一些已確認的常見 EDCs 有雙酚 A(bisphenol A)、戴奧辛、有機氯農藥、多氯聯苯、鄰苯二甲酸酯、對羥基苯甲酸鹽(Parabens)及雌激素等^[2]。

三、常見的新興污染物

(一)全氟辛酸與全氟辛磺酸鹽

全氟辛酸(Perfluorooctanic acid, PFOA)及全氟辛烷磺酸鹽 Perfluorooctanosulfonate, PFOS)是「全氟烷酸」(Perfluoralkyl Acids, PFAAs)類中最常見的化合物，化學結構如圖 1，全氟烷酸為一群人工合成氟化碳鏈化合物，具界面活性劑及基本聚合助劑性質，故廣範用於製造各種消費用品，環境中普遍在 8 個碳的化合物(超過 8 個碳者會分解成 8 個

碳)，統稱 C-8s，常見者包括 PFOA、PFOS 及 APFO(Ammonium Perfluorooctanonate)，C-8s 存在環境中為離子態，且為非揮發性，故在水中及土壤中具持久性且不易被分解代謝特性，也因其易溶解於水特性，故易在環境中游移。美國環保署將之分類為具生物累積性及濃縮性毒物。

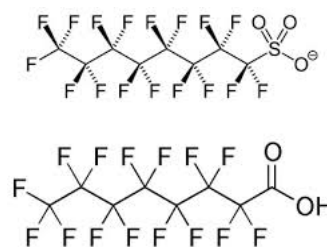


圖 1 全氟辛磺酸鹽及全氟辛酸化學結構

約有 200 種工業產品及消費者用品使用 PFAAs C-8s，用途為防水防污劑，用於衣物、地毯、皮革；另亦用於防水防油包裝材料，如爆米花袋及微波餐盤，一些知名商標材料如 Teflon、GorTex、Zonyl(防水紙 Coating 的材料)亦使用作為原料；另外包括相片沖洗、電子工業、冷凍業、藥品及油漆工業，均廣範使用^[6]。

食入及呼吸吸入為人類接觸 PFAAs 的主要途徑，在美國，有非常小比例的社區民眾飲用到遭 PFOA 及 PFOS 污染的飲用水，其來源主要為生產此類化合物或使用此類化合物製造其他產品之工廠，排放廢水或排放廢氣及污染的土壤造成。

PFAAs 為環境荷爾蒙(內分泌干擾物)，毒性研究顯示食入後可於血漿、肝臟及腎臟內被吸收，在人體內之半衰期約 2~9 年，動物試驗發現慢性暴露可導致老鼠肝腫瘤發展，美國成人血漿中高濃度之 PFOA 及 PFOS 伴隨甲狀腺疾病之發生，流行病學調查 PFOS

暴露跟膀胱癌有關。美國環保署科學諮詢委員會將之歸類為「可能人類致癌物」(Likely human carcinogen)；美國工業衛生會議(ACGIH)將 PFOA 列為 A3 級致癌物，即確認動物致癌性但與人類之關聯性未知路^[4]。

美國環保署尚未訂定 PFOA 及 PFOS 國家飲用水水質管制標準，但在 2016 訂定飲用水終生健康建議值(Lifetime Health Advisory, PHA)為 70 ng/L^[5]，當 PFOA 及 PFOS 同時出現在水中，以二者濃度的和作為比較基準，若超過健康建議值，水廠應立即通報環保機關及民眾，同時採取包括替代水源摻合、使用活性碳及逆滲透設備緊急去除，及使用瓶裝水等緊急行動。PFOA 及 PFOS 亦列在美國環保署第三飲用水污染物候選清單(CCL3)中^[4]。

水中 PFOA 及 PFOS 可以固相萃取與高效液相層析串聯式質譜儀法檢測，方法偵測極限可達約 5 ng/L。由於氟與碳之強鍵結及低揮發性，傳統淨水處理程序無法去除 PFOA 及 PFOS，活性碳濾床、奈濾(nanofiltration)及逆滲透已證明可有效去除水中全氟碳化合物^[7]。

(二)藥物及個人保健用品

藥物及個人保健用品(Pharmaceuticals and Personal Care Products, PPCPs)為包括人類用藥、畜牧及寵物用藥、非法用藥(如毒品)、醫用診斷劑、營養補充品及芳香劑、化妝品、防蟲劑及防曬霜等日常用品中一大群化學物質之統稱。該等產品用於人類健康或化妝等用途，或用於牲畜促進成長及增進健康之用^{[8][9]}。

PPCPs 進入環境之可能途徑包括^[10] (1)人類排泄未代謝之藥品進入化糞池或廢水系統(2)人類將過期藥品丟棄或沖入馬桶(3)人

類游泳或清洗掉之化妝品、香水、抗菌皂等用品(4)生產過程或商業不適當棄置(5)衛生掩埋滲出(6)農畜使用沖刷(7)醫院或照護中心廢水流出。很多研究顯示透過廢水處理廠排放入地面或地下水體，是飲用水源中存在藥物的主要來源。最值得注意的為抗生素及類固醇類。

美國檢測湖泊、水庫、地下水等水體中 PPCPs，檢測出極低濃度，平均而言，藥物在美國飲用水中存在濃度在 10 ng/L 左右^[10]。咖啡因(Caffine)較高，平均約 25 ng/L。對於飲用水中存在 PPCPs 對人類健康之影響目前專家有不同看法，大部分的看法認為飲用水中存在如此低濃度的暴露，遠低於治療投藥用量(Therapeutic Doses)，當然不需去關注對人類健康之影響；另一批專家則基於水體中檢測出者非單一化合物，而為混合物，且已證明對水生動物有影響，因而認為低濃度長期暴露狀況仍需關注其對人類健康之影響。水中藥物的濃度目前並未發現與人體健康不良效應有關聯，且並未建立 PPCPs 在環境中的可接受濃度(Acceptable levels)，但由於藥物於人體中會對受體細胞引發特定生物效應，但對非受體細胞之影響則未知；加以特定菌群由於持續暴露於抗生素，會發展出抗抗藥性等影響，PPCPs 會持續受到關注^[10]。世界衛生組織針對藥物對人類健康之影響，引用英、澳、美等國之研究指出，飲用水中存在藥物的濃度，1000 倍遠低於最低治療用量(Minimum Therapeutic Dos, MTD)，即可造成醫療活性劑量，故認為對人類健康引起的風險是極不可能的(Extremely unlikely)^[8]。另強調除應持續監測水中 PPCPs 之含量外，所有國家應該發展無用或過期藥品回收

及處置計畫。

淨水程序去除 PPCPs，主要因物種的物理化學性質範圍極廣，而有不同結果，實驗室規模研究已證明逆滲透及奈米過濾對去除水中藥物非常有效^[10]。活性碳可去除一些物質，但與活性碳種類、負荷及接觸時間有關；加氯、臭氧及高級氧化法亦對一些物質有效，但去除率與 pH 值及加注量有關。整體而言，並未有一單一淨水程序可完全去除所有物種。若按照物種分，活性碳、生物活性碳、臭氧、高級氧化法、逆滲透及紫外光處理，可去除超過 90%類固醇、消炎劑及脂質調節劑(Lipid regulator)；活性碳、生物活性碳、逆滲透及奈米過濾可去除 90%抗生素、抗憂鬱劑及抗菌劑；凝膠凝只能去除低於 40%之 PPCPs 化合物^[9]。

(三)鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯

鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(Di(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP)，化學結構如圖 2，為一種廣泛使用於製造 PVC 用品的化學物質，添加在塑膠製品中作為塑化劑(Plasticizer)，以增加彈性及耐久性，添加比例可能由 1%至 40%。也用以取代多氯聯苯作為電容器中之介電液。

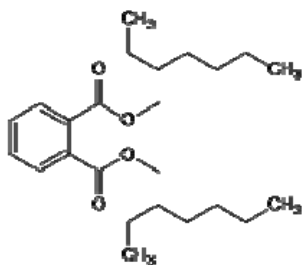


圖 2 DEHP 化學結構

飲用水中 DEHP 的主要來源為製造或使用 DEHP 之化學工廠排放尾水進入飲用水源或水源區土壤沖刷，另管件及供水設備等具

塑膠材質之另件亦可能溶出。在美國表面水源、地下水源及飲用水中，常發現約數 $\mu\text{g/L}$ 的濃度，汙染的水源則有出現數百 $\mu\text{g/L}$ 濃度，一般而言，食物仍為人類主要的暴露途徑。

美國環保署之 FAQ 資料顯示，某一部分人持續飲用超標的飲用水數年，可能導致肝出現問題、生育困難及增加致癌風險。另懷孕婦女若喝了高濃度 DEHP 飲用水，可能導致胎兒發育不全、肝腎腫大、性別功能失調及增加致癌風險等。世界衛生組織飲用水質指引中指出，DEHP 進入人體後會廣佈在人體各處，但有較高濃度存在肝及脂肪組織內，無明顯累積跡象，口服及毒性低。在長期鼠類口服致癌性研究，顯示會出現肝細胞癌，人類對此效應之敏感性遠遠低於鼠類。國際癌症署(IARC)將 DEHP 定義為可能人類致癌物(Group 2B)^[14]，即無明顯證據顯示人類致癌性，但已有充分證據顯示動物致癌性。美國環境保護署(EPA)則將之列為人類可能的致癌物質；美國衛生與健康服務部(Department of Health and Human Services, DHHS)認為 DEHP 有理由被歸類為人類致癌物質^[15]。

美國一級飲用水標準中，訂定 DEHP 限值為 $6 \mu\text{g/L}$ ，並訂定最高汙染濃度(Maximum Contaminant Levels Goal, MCLG)目標為 0。世界衛生組織則訂定飲用水中指引值 $8 \mu\text{g/L}$ 。美國環保署文件指出，飲用水中最佳處理去除技術為粒狀活性碳(GAC)，另亦有研究指出薄膜過濾(包括 NF、UF 及 RO)去除率可達 97.6%~99%。

(四)壬基酚

壬基酚(Nonylphenol, NP)是一群結構相

似的烷基酚(Alkyl phenol)混合物，為生產壬基酚乙基氧化物(Nonylphenol ethoxylate, NPEs)的原料，NPEs 廣泛使用於清潔用品、服裝、化妝品及農藥等用途，主要用於非離子清潔劑配方，當 NPEs 釋放到環境中即被微生物分解成壬基酚，壬基酚為疏水性，較不易溶於水，易累積於底泥，在環境中要花數月至數年才能降解，具持久性及生物累積性，被認為對水體環境及食物鏈有毒害，為一種內分泌干擾素。

壬基酚在環境中的主要來源為廢水處理場尾水排放，美國在河水、地下水、自來水、沉澱污泥及魚體組織中都檢測出壬基酚，地面水及飲用水約在數 $\mu\text{g/L}$ 濃度。飲用水中檢測出的濃度極低，尚不會引發影響人類之雌激素效應。但廢棄污泥污染可能影響農作，透過食物可能間接影響人類。目前國際上飲用水水質標準均未規範此項目^[16]。

壬基酚已被證明會模仿婦女體內雌激素的行為，使動物生殖器官失序及使人類精蟲減少。人類暴露於壬基酚之健康影響尚在研究及討論中，並不明確，但一些可能對人體健康之衝擊有(1)壬基酚會衝擊懷孕婦女的胎盤，導致流產及其他併發症。(2)壬基酚吸附作用干擾人體天然賀爾蒙循環，導致飢餓及食欲調節失調。(3)壬基酚出現在人乳中，可能跟乳癌細胞之增殖有關^[17]。

水中壬基酚可以粒狀活性碳或高級氧化法去除。Tanghe(2001 年)研究指出，粒狀活性碳可吸附量達 100mg/g ，推估實場利用粒狀活性碳床可去除至 $10\mu\text{g/L}$ 。另 Mosteo 等人(2010 年)研究指出，淨水處理前氯可完全氧化壬基酚，最佳高級氧化法為 $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ，平均氧化率 55%，結合後氯可完全氧化。

(五)雙酚 A

雙酚 A(Bisphenol A, BPA)為一人工合成化合物，化學結構如圖 3，進入人體內會模仿女性體內雌激素的作用，造成乳癌、青春提前、肥胖、不孕、腦功能障礙、甲狀腺功能障礙、心臟病、糖尿病及前列腺癌等，嬰兒及兒童對雙酚 A 相對較成人為脆弱，孕婦接觸甚至會造成胎兒缺陷。已證明為一種內分泌干擾素(EDCs)。

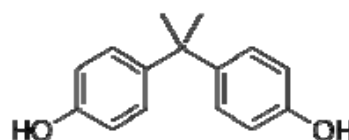


圖 3 雙酚 A 化學結構

雙酚 A 的來源有聚碳酸酯(Polycarbonate)塑膠用品、環氧樹脂(Epoxy resin)、收銀機熱感紙及受污染的飲用水。聚碳酸酯塑膠水瓶、飲料蓋或微波器皿因加熱會溶出較平常多約數十倍的雙酚 A，環氧樹脂則發生於罐頭食品內襯或水管內襯等。有研究顯示，即使非常低濃度暴露也會有健康影響，短時間暴露也會造成永久影響^[18]。

飲用水另一個值得關注的雙酚 A 來源為以環氧樹脂重襯(Relining)舊漏管線之釋出問題，環氧樹脂含雙酚 A 或雙酚 A 二環氧甘油醚(Bisphenol A diglycidyl ether, BADGE)，均會溶出雙酚 A。Rajasarkka 等人(2016 年)研究顯示，環氧樹脂內襯管線，於未確實清理管線內壁、未正確混合配方或未予以足夠時間乾燥等施工影響或不同藥劑配方，都會釋出不同程度的雙酚 A 及 BADGE 於水中^[20]，另環氧樹脂劣化或水浸泡於內襯管過久，都會增加雙酚 A 及 BADGE 之釋出量，水溫升高亦然。德國訂有「與飲用水接觸有

機內襯衛生評估準則」，訂定溶出飲用水中雙酚 A 不得超過 30 $\mu\text{g/L}$ 、法國訂 100 ng/L (0.1 $\mu\text{g/L}$)、日本訂 100 $\mu\text{g/L}$ 、美國 ANS/NSE-61 訂 200 $\mu\text{g/L}$ ，以目前研究實驗室或現場測試自來水管線環氧樹脂內襯釋出濃度均小於 1 $\mu\text{g/L}$ ，似對健康暫無影響顧慮。不過，因自來水加氯，會與雙酚 A 反應產生氯化衍生物並有研究檢測出氯化雙酚或其他降解物（如三氯酚 2,4,6-trichlorophenol, TCP），對人體健康之影響，仍待持續進行研究^[19]。

水中雙酚 A 可以逆滲透或臭氧去除。Yuksel 等人(2013 年)研究指出，聚醯胺逆滲透薄膜處理可去除 98%之雙酚 A；醋酸纖維材質則僅能去除 10~40%。Oluwadara 等人(2014 年)研究指出，臭氧在 pH=8.25 狀況下，去除率可達 81.13%。

(六)亞硝基二甲基胺

亞硝基二甲基胺 (N-Nitrosodimethylamine, NDMA)，為一種含氮之半揮發性有機物，為一群烷基胺(Alkylamine)化合物之一，化學結構如圖 4。工業上用以生產火箭液體燃料、抗氧化物、潤滑油添加物及共聚合物軟化劑；另製革工業、農藥生產、橡膠及輪胎製造業、魚類加工業及鑄造與染料製造業等，也可能於製造過程產生副產物而釋出。廢水處理加氯(Chlorination)程序或淨水處理使用氯胺(Chloramine)消毒程序也會產生此副產物。使用氯胺消毒程序之淨水場，自來水中出現之烷基胺主要為 NDMA^[11]。

NDMA 極易溶水，但不易吸附在固體顆粒或沉積物，透過太陽光照射或自然微生物程序，NDMA 會在水中裂解，在水中光解半衰期約 16 分鐘。

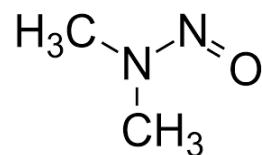


圖 4 NDMA 化學結構

人類暴露於 NDMA 的途徑^[11]有(1)食用含硝胺(Nitrosamine)或烷基胺(Alkylamine)的食品，如煙燻魚肉(2)喝了被 NDMA 污染的水(3)喝了麥芽飲料，如啤酒(4)使用含 NDMA 的化妝品(5)吸入香菸。NDMA 具毒性及致癌性，高濃度暴露可導致肝受損，症狀包括頭痛、發燒、噁心、嘔吐、黃疸、痙攣、肝肺及腎功能異常、頭暈等。動物試驗顯示，NDMA 暴露可造成肝、呼吸道、腎及血管腫瘤。美國環保署已將 NDMA 分類為 B2 人類可能致癌物，美國工業衛生會議將之分類為 A3，確定動物致癌性但對人體影響未知。美國飲用水目前並未規範 NDMA 項目及限值，但飲用水風險評估結果在 1 $\times 10^{-6}$ 致癌風險為 0.7 ng/L 。世界衛生組織及澳洲飲用水指引(Australia drinking water guideline)均將指引值訂為 100 ng/L 。

在飲用水系統中，NDMA 發生於氯胺消毒程序，另也可能於供水系統中接觸橡膠製品而溶出，澳洲水質處理研究中心(Cooperative Research Center for Water Quality and Treatment)列出原水、淨水及供水可能潛在產生 NDMA 之風險因子^[12]，節錄如表 2，值得參考。

NDMA 在飲用水最通用的去除方法為光解(Photolysis)，生物處理、微過濾及逆滲透則可去除水中 NDMA 前驅物質。

表 2 飲用水潛在產生 NDMA 之風險因子

水源水質 (使用氯胺消毒才會發生)	淨水處理及供水 (依重要性排序)
1.受工業廢水、廢水處理廠排放水或農業沖刷影響	1.使用陽離子型高分子助凝劑(不必然使用氯胺消毒)
2. 高溶解性有機碳(>15mg/L) 或 高色度(>100)	2. 使用氯胺消毒 pH<8.4, Cl ₂ :NH ₃ >5.2
3.嚴重藻華發生致高有機氮含量	3.有機碳去除效率不佳
	4.管網系統含橡膠產物且滯留期長

美國南加州都會水公司執行美國水研究基金(Water Research Foundation)的計畫，名為「NDMA 前驅物來源與在淨水處理中產生的衝擊」^[13]，該研究進行美國及加拿大境內共 37 座淨水場及 5 個場的全處理程序調查，研究結果顯示，(a)三氯蔗糖(Sucralose)來自人造糖精，是水源原水中有廢水排放的指標，存在三氯蔗糖狀況下，某些水源河川流量越大，三氯蔗糖及 NDMA 生成潛勢(NDMA FP)均隨河川流量增大而降低，且 NDMA 生成潛勢濃度與三氯蔗糖濃度成正相關，相關性極佳。(b)某些具有胺基(amine)的陽離子型高分子助凝劑，如 PolyDADMAC，易於混凝過程使水中 NDMA 生成潛勢增加。(c)微生物活性濾床，因存在生物濾床(Biofilter)脫離的細菌及溶解性微生物產物(Soluble Microbial Products, SMPs)，會產生生物降解作用，降低 NDMAFP。(d)自由餘氯接觸時間越長，採用後氯胺消毒的淨水程序，產生 NDMA 越低。(e)採預臭氧可去除 NDMAFP 到某個程度，單純使用臭氧或使用臭氧結合生物過濾對 NDMAFP 的去除較單純使用生物過濾為高。(f)粉狀活性碳(PAC)及粒狀活性碳(GAC)

可去除廢水中三氯蔗糖及胺基高分子助凝劑前驅物，但 PolyDADMAC 導致者則不具效用。

(七)多溴二苯醚

多溴二苯醚(Polybrominated diphenyl ethers, PBDEs)廣泛使用於包括塑膠、家具裝飾品、電子器材及紡織品等，作為阻燃劑(Flameretardants)之用，主要利用其在高溫時會釋出溴自由基，可降低燃燒速率及火蔓延速率特性，而具阻燃功能。PBDEs 是一群具有不同的溴原子數及鍵結位置之同源化合物(Congeners)所組成的混合物，商用者分為五溴二苯醚(pentaBDE)、八溴二苯醚(octaBDE)及十溴二苯醚(decaBDE)，全球則廣泛使用十溴二苯醚，PBDEs 結構類似多氯聯苯(PCBs)，具油溶性及疏水性，不容易溶於水，容易鍵結於土壤或沉積物^[21]在環境中主要來自製造程序、產品揮發(電視及電腦等)及廢棄物釋出，在地面水、空氣、沉積物及魚體中均有被檢測出來，在環境中具持久性及生物累積性。鼠類暴露試驗研究顯示，可致神經發展毒性、體重減輕、腎毒、甲狀腺毒、肝毒及皮膚病，懷孕動物若暴露較高劑量 PBDEs，可導致後代腦部發展較差^[22]。人類及動物試驗顯示 PBDEs 為內分泌干擾素且可累積在人體脂肪組織。國際癌症組織 IARC 尚未分類 PBDEs 之致癌性，美國環保署依據鼠類試驗，證明多溴二苯醚可致肝腫瘤發展，因之將十溴二苯醚歸類為可能致癌物質，在其飲用水風險評估指出在 1×10^{-6} 致癌等級十溴二苯醚濃度為 50 μ g/L。

PBDEs 以其化學特性，易附著於固體粒子，故易於沉澱及過濾程序被去除。

四、如何讓民眾瞭解新興汙染物問題

環境中已發現數以千計的化學物質，新的化學物質亦不斷出現，在有限的人體健康影響研究與環境暴露途徑瞭解狀況下，不只對人體健康影響未知或不明確，是否影響飲用水之飲用安全亦未知，普遍使用的混凝、沉澱、過濾及加氯消毒等傳統淨水處理程序，大部分不能加以去除或未充分研究，民眾可能產生之焦慮或不安，可想而知。

美國水研究基金會 (Water Research Foundation) 2016 年出版的「新興汙染物風險溝通」(Risk communication for emerging contaminants) 報告中，提出一些與民眾溝通對話的關鍵點^[23]，值得自來水專業人員參採。

民眾通常憑媒體煽情或恐嚇性誤導之報導，加以想像，產生直覺。他們為尋求「心安」，最想知道現在的情況到底是怎樣？是否安全？自來水公司做了那些努力？他們又該如何獲取正確資訊？經調查在美國，若有飲用水新興汙染物檢出報導，民眾最關心的是「有沒有法規規範？」及「我是否長期暴露？」這兩項問題，因此，如何讓民眾充分獲得正確訊息相當重要。自水事業與民眾溝通使民眾的感覺等於科學數據所呈現的結果就成功了。

「新興汙染物」這個名詞本身聽起來就有負面效果，令人感覺出現一種新的對人體有害的可怕東西。在透過網站或媒體與民眾對話時，專業人員應避免使用可能令人感覺挑釁威脅或令人產生害怕的詞彙，造成民眾更大的心理壓力，民眾想知道完整技術面的結果與事實，但必須用他們的語言表達出來，不要用模糊性字眼或說法，不要太多行話、專有名詞或複雜的說法，才能博取他們

的信任。

溝通需要準備並主動出擊，提供完整資訊，讓民眾全面了解，才能抵抗媒體錯誤訊息的誤導。某一化學物質檢測出來代表對人體產生毒害嗎？這個問題要優先灌輸民眾水中濃度與劑量(dose)是不同的，溝通時用成人一天喝幾杯(或多少公升水)來換算藉由喝水攝入體內化學物質的量，解釋攝入量的安全性是民眾有感覺的方式。例如飲用水水中檢測出某消炎藥成分 1 ppb，要喝 20 萬公升的水，才等於因喉嚨痛吞了 1 顆 200 毫克的消炎片的量，此喝水量相當於用 500cc 的水杯要喝 40 萬杯，可見其影響微乎其微。另符合水質標準的意義也是必須告知的，檢出不代表有健康危害，水質標準之訂定，引用了「每日可接受攝入量」(Acceptable Daily Intakes, ADIs)的研究結果，這個量是經研究不會對人體健康產生任何影響的量，所以低於飲用水水質標準的水即是不會對人體產生任何不良影響的。

在民眾眼裡，檢驗是保護他們飲水安全的首要步驟。故應立即準備以往檢驗數據及持續進行檢驗，這是自來水事業所必須做的。

五、結語

新興汙染物會隨檢驗技術的進步不斷出現，種類繁多，由於存在飲用水中的濃度，大多為檢測不出或極低濃度，但由於對人體健康影響尚有爭議或不明，唯有及時瞭解其來源及可能之應變處理方式，持續進行監測，關心國際上研究最新進展，充分做好準備，適時與民眾溝通，才能有效安定民眾心理與保障民眾用水安全。

參考文獻

1. Contaminants of emerging concern in water, 2013, Water Researchs Research Center, The University of Arizona.
2. Endocrine disrupting chemicals, 2009, LDDI.
3. Contaminants of emerging concern-Health effects, detection, and control of EDCs and PPCPs., 2016, fact sheet Water research foundation.
4. Emerging Contaminants Fact Sheet-PFOS and PFOA, 2014, EPA505-F-14-001, USEPA.
5. Fact sheet PFOA & PFOS drinking water advisories, 2016, EPA800-F-16-003, USEPA.
6. Fact sheet on perfluoralkyl acid(PFAAs), 2007, Breast cancer & the environment research center.
7. Treatment mitigation strategies for Poly- and Perfluoroalkyl Substances, 2016, Water Research Foundation.
8. Pharmaceuticals in drinking water, 2011, World Health Organization.
9. Pharmaceuticals in drinking water, 2011, World Health Organization.
10. Pharmaceuticals and personal care products in drinking water and aquatic environments-Answers to frequently asked questions, 2010, Environmental fact sheet, New Hampshire department of environmental services.
11. Technical fact sheet -N-Nitroso-dimethylamine(NDMA), 2014, USEPA.
12. Fact sheet N-Nitroso-dimethylamine, 2013, Water Research Australia.
13. Stuart W. Krasner, Source of NDMA Precursors and the Impact of Treatment on NDMA Occurrence, 2015, Water quality technology conference.
14. Guideline for drinking water quality, 4th edition 2011, WHO.
15. Public health statement di (2-ethylhexyl) phthalate(DEHP), 2002, ATSDR.
16. Drinking water treatability database, 4-Nonylphenol, 2009, USEPA.
17. Nonylphenol ethoxylates(NPEs) fact sheet, 2016, Mighty good undies.
18. Fact sheet on bisphenol A, 2011, CANSA.
19. Bisphenol A in relining of water pipes, International chemical secretary.
20. Drinking water contaminants from epoxy resin-coated pipes: a field study, 2016, Water research 103, 133-140.
21. Techinal fact sheet-polybrominated diphenyl ethers(PBDEs) and polybrominated diphenyl(PBBs), 2014, USEPA.
22. Frequently asked questions polybrominated diphenyl ethers, 2013, Delaware health and social services.
23. Parkin et al, Risk communication for emerging contaminants, 2016, Water research foundation.

作者簡介

薛志宏先生

現職：台北自來水事業處水質科科長

專長：水質管理、淨水處理、水質檢驗

錳氧化物對自由餘氯檢測偽似反應干擾之研究

文/許國樑

一、前言

水中餘氯檢測方法¹—分光光度計法(NIEA W408.51A)係在水樣加入磷酸緩衝液和 N,N -二乙基-對-苯二胺(簡稱 DPD) 呈色劑後，水中之自由有效餘氯可將 DPD 氧化，使溶液轉變為紅色，立即以分光光度計在波長 515 nm 處量測其吸光度。分光光度計法適用於檢測飲用水、自來水、河川水、家庭污水及經處理之放流水中之餘氯。

常有水質管理人員在用戶現場，採取水樣使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢測配水自由有效餘氯是否符合飲用水水質標準或稽查竊水案件確認該水質是否為自來水，曾發生採取水樣含有橙色沈澱物，依檢測程序加入 DPD 試劑，反應不是立即在 1 分鐘內溶液轉變為成紅色，而是隨著時間增加紅色加深，對水樣自由有效餘氯確認產生疑義。

該案件會請水質課協助，水質課採取水樣後，攜回水質課取適量待分析水樣使用 0.45 μ m 濾紙抽真空過濾橙色沈澱物水樣，通過 0.45 μ m 濾紙水樣透明無色，加入 DPD 試

劑檢測無反應，確認不含自由有效餘氯，再將 0.45 μ m 濾紙上面橙色沈澱物，以加藥匙取一些沈澱物加入上述過濾水樣，DPD 試劑漸漸與有色沈澱物反應，使溶液轉變為紅色，且隨著時間增長紅色加深，該沈澱物使用火焰式原子吸收光譜法檢測鐵及錳，初步定性有鐵及錳存在。

業經查閱水中餘氯檢測方法—分光光度計法(NIEA W408.51A)公告方法，錳的氧化物會對自由有效餘氯測定產生干擾，另查 HACH 攜帶型餘氯計操作手冊²，錳的氧化物干擾是指錳+7 價及錳+4 價，影響之程度如何有需要加以研究探討。

二、文獻回顧

(一)DPD 與氧化劑反應呈紅色圖譜³

DPD 與氧化劑反應呈紅色後掃描圖譜如圖 1。由圖 1 得知，DPD 與氧化劑反應呈紅色物種，在 490nm 至 555nm 有二峰存在，二峰之間最大靈敏度波長為 512nm 與 553nm，依公告方法可以選擇 515 nm 特定波長處量測其吸光度。

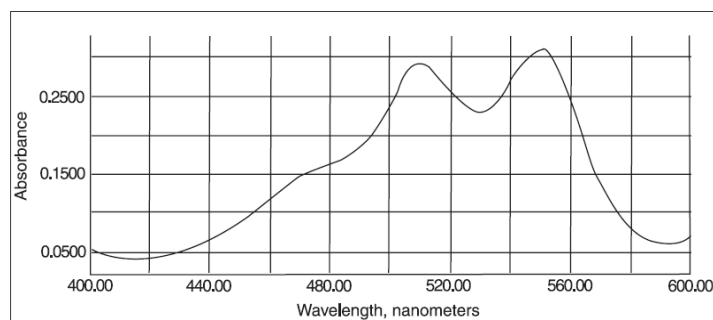


圖 1 DPD 與氧化劑反應呈紅色掃描圖譜

三、實驗方法及流程

(一)實驗設備

- 1.分析天平。
- 2.圓形燒杯。
- 3.攜帶型餘氯計。
- 4.量筒。
- 5.採樣器。
- 6.採樣塑膠瓶 500ml。
- 7.pH 計。
- 8.0.2 μm 濾膜之針筒過濾器。
- 9.0.45 μm 真空過濾器。

(二)實驗藥品

- 1.試劑水：使用不含餘氯及其他干擾物質之純水。
- 2.市售 DPD 呈色劑：磷酸鹽緩衝劑與 DPD 硫酸鹽呈色劑之混合劑。
- 3.高錳酸鉀儲備溶液 891 mg/L：溶解 891 mg 高錳酸鉀於試劑水中，定容至 1 L。
- 4.氯化錳(含 4 分子水)配製 1000 mg/L 錳離子：分子量每莫耳 197.91 克，精稱 3.602 克溶解於試劑水中，定容至 1 L。
- 5.硫酸錳(含 1 分子水)配製 1000 mg/L 錳離子：分子量每莫耳 169.01 克，精稱 3.076 克溶解於試劑水中，定容至 1 L。
- 6.硝酸錳(含 4 分子水)配製 1000 mg/L 錳離子：分子量每莫耳 251.01 克，精稱 4.569 克溶解於試劑水中，定容至 1 L。
- 7.二氧化錳：分析級試藥。

(三)實驗方法

方法依行政院環境保護署公告方法 NIEA408.51A 及 HACH 攜帶型分光光度計標準操作手冊進行研究。

(四)實驗流程

流程依據環保署環境檢驗所公告方法：飲用水水質採樣方法⁴—自來水系統 NIEA W101.55A，現場使用塑膠瓶 500ml 採集水樣後進行餘氯分析。

四、結果與討論

錳的氧化物主要有 Mn^{+7} 、 Mn^{+4} 及 Mn^{+2} ，依價數不同分別與 DPD 試劑反應加以研究探討。

(一) Mn^{+7} 與 DPD 試劑反應檢測濃度評估

高錳酸鉀為 +7 價強氧化劑，紫紅色晶體，20°C 水溶解度 6.51 g/100 ml，常用作消毒劑、水淨化劑及氧化劑等。

高錳酸鉀標準儲備溶液 891 mg/L 相當氯原子濃度 1000 mg/L，取 10.0 ml 891 mg/L 高錳酸鉀標準儲備溶液以蒸餾水稀釋至 1L，各取 1.0 ml、3.0 ml、5.0 ml、10.0 ml、15.0 ml 及 20.0 ml 前述稀釋液，再以蒸餾水稀釋至 100.0 ml，配成一系列高錳酸鉀標準溶液，其濃度範圍可視為相當氯原子濃度 0.10 至 2.0mg/L。攜帶型餘氯計使用 528 nm 波長加入 DPD 試劑立即反應，檢測高錳酸鉀不同濃度檢測結果如表 1。

表 1 高錳酸鉀不同濃度與 DPD 試劑反應檢測結果表

濃度單位：mg/L

高錳酸鉀濃度	0.0891	0.267	0.446	0.891	1.337	1.782
相當氯原子濃度	0.10	0.30	0.50	1.0	1.5	2.0
攜帶型餘氯計檢測值	0.10	0.30	0.50	1.0	1.45	1.93

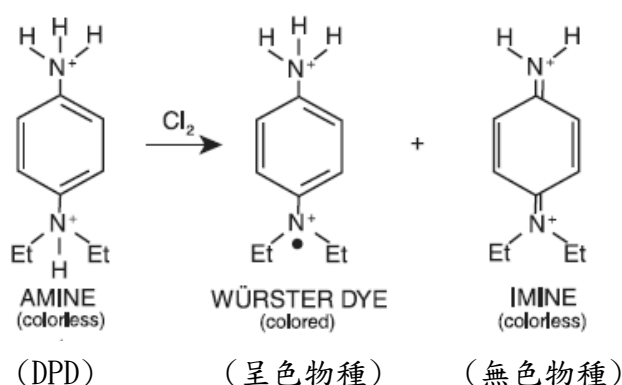


圖 2 DPD 呈色劑氧化生成之化合物

表 2 二氧化錳水溶試驗濾紙真空過濾與 DPD 試劑反應檢測結果表

項目	0.45μm 濾紙 真空過濾	加入 DPD 試劑反應	檢測結果
二氧化錳 2 克/1000ml	濾紙上層 黑色固體	加藥匙取 0.1 克黑色固體加入濾紙下層水樣溶液轉變為紅色隨著時間增長紅色加深	二 氧 化 錳 不 溶 於 水，加入 DPD 試劑反應紅色隨著時間增長色加深
	濾紙下層 無色水樣	無反應	

DPD 呈色劑氧化後生成之化合物有呈色物種及無色物種二種如圖 2，當相當氯原子濃度低時，在 pH 值中性時，呈色物種為主要生成物，隨著相當氯原子濃度增加，無色物種會生成，因無色物種不吸收 515nm 波長，吸光度會減少。Gorden 報告⁵提及相當氯原子濃度高於 1.0 mg/L，濃度與吸光度會有非線性的情形產生，上述可由表 1 得知使用攜帶型餘氯計檢測高錳酸鉀相當氯原子濃度 1.0 mg/L 以下線性百分率 100%，而在 2.0 mg/L 時線性百分率已降低至 96.5%可以得到證明。

(二)Mn⁺⁴與 DPD 試劑反應檢測濃度評估

二氧化錳為 +4 價氧化劑，黑色固體，不溶於水，是錳最穩定的氧化物。二氧化錳主要用途為製造乾電池，如碳鋅電池和鹼性

電池；也常在化學反應中作為催化劑，或作為酸性溶液中的強氧化劑。

二氧化錳稱重 2.0 克加入 1000ml 稀釋瓶，用去離子水稀釋至刻度，使用 0.45μm 濾紙抽真空過濾，過濾水樣及濾紙黑色固體與 DPD 試劑反應結果如表 2。由表 2 得知二氧化錳不溶於水，但二氧化錳黑色固體水樣會與 DPD 試劑反應，且隨著時間增長紅色加深。

(三)Mn⁺²與 DPD 試劑反應檢測濃度評估

錳 +2 價化合物主要有氯化錳、硫酸錳及硝酸錳，許多 Mn(II)化合物均表現出特徵的淺粉紅色是由過渡金屬的 d⁵ 自旋引起的，分述如下：

1. 四水合氯化錳是一種粉紅色的鹽，化學式為 MnCl₂·4H₂O 的化合物，水溶解度 19.8

g/100mL。

2.一水合硫酸錳是一個粉紅色固體，化學式為 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，24 °C 水溶解度 39.3 g/100 mL。

3.四水合硝酸錳是一種玫瑰紅色結晶，化學式為 $\text{MnNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ，20 °C 水溶解度 3800 g/L。

各取已配製四水合氯化錳、一水合硫酸錳及四水合硝酸錳 1000 mg/L 錳離子溶液，取適當溶液稀釋成不同錳離子濃度，使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢測結果如表 3。

由表 3 得知，四水合氯化錳、一水合硫酸錳及四水合硝酸錳，不同錳離子 (+2 價) 濃度與攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢測結果均無反應發生。

(四) Mn^{7+} 氧化 Mn^{2+} 生成 MnO_2 沉澱與 DPD 試劑反應檢測濃度評估

自由餘氯一級標準品濃度 0.80mg/L 配製，採用 HACH Free Chlorine Voluette Analytical Standards Cat.1426810 (Lot A5189) 濃度 66.6 mg/L 10 mL 包裝之 Ampules (NIST)，使用可調節式 1.000ml 吸量管精取 1.665ml 去離子水稀釋至 200.0ml，以 HACH 型號 58700 攜帶型餘氯計 1 包 0.10 克 DPD 試劑檢測，分別以不同體積 10ml 至 60ml 檢測結果如表 4。

由表 4 得知，確認使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑檢測水樣，水樣體積 30ml 以內無誤差。取 0.80 ml 891 mg/L 高錳酸鉀標準儲備溶液至 1000 ml，使用攜帶型餘氯計檢測得相當氯原子濃度 0.80mg/L 溶液。取相當氯原子濃度 0.80mg/L 水樣 10 ml，依序各取四水合氯化錳、一水合硫酸錳及四水合硝酸錳已配

表 3 不同錳化合物配製不同錳離子濃度與 DPD 試劑反應檢測結果表

濃度單位：mg/L

項目	不同錳離子(+2 價)濃度與 DPD 試劑反應						
	0 mg/L	25 mg/L	50 mg/L	100 mg/L	150mg/L	200 mg/L	250 mg/L
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 檢測濃度	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 檢測濃度	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
$\text{MnNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 檢測濃度	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

表 4 標準自由餘氯濃度水樣不同體積檢測結果表

水樣體積(ml)	10	20	30	40	50	60
pH 值	6.38	6.38	6.44	6.47	6.50	6.51
自由餘氯檢測值(mg/L)	0.74	0.74	0.74	0.72	0.70	0.68

表 5 高錳酸鉀氧化 Mn^{+2} 生成 MnO_2 沉澱與 DPD 試劑反應檢測結果表

錳化合物	最初體積 (ml)	1000 mg/L 錳離子溶液體積	最終體積(ml)	錳離子濃度(mg/L)	氧化生成 MnO_2 沉澱與 DPD 試劑反應檢測濃度(mg/L)	還原 10.0ml 體積檢測濃度(mg/L)
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	10.0	加二價錳 0.50ml	10.5	50	0.76	0.80
	10.0	加二價錳 1.00ml	11.0	100	0.73	0.80
	10.0	加二價錳 1.50ml	11.5	150	0.69	0.79
$MnSO_4 \cdot H_2O$	10.0	加二價錳 0.50ml	10.5	50	0.76	0.80
	10.0	加二價錳 1.00ml	11.0	100	0.73	0.80
	10.0	加二價錳 1.50ml	11.5	150	0.69	0.79
$Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	10.0	加二價錳 0.50ml	10.5	50	0.76	0.80
	10.0	加二價錳 1.00ml	11.0	100	0.73	0.80
	10.0	加二價錳 1.50ml	11.5	150	0.69	0.79

製 1000 mg/L 錳離子溶液 0.50 ml、1.0 ml 及 1.5ml 混合後，過錳酸鉀立即氧化過量 Mn^{2+} 生成 MnO_2 沉澱，再與 DPD 試劑反應檢測結果如表 5。

由表 5 得知，高錳酸鉀相當氯原子濃度 0.80 mg/L 氧化四水合氯化錳、一水合硫酸錳或四水合硝酸錳的不同過量 Mn^{2+} 生成 MnO_2 沉澱是立即氧化， MnO_2 沉澱與使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢測結果相同，不受氯離子、硫酸根離子及硝酸根離子濃度影響，可完全反應出原本高錳酸鉀相當氯原子濃度 0.80 mg/L 濃度。

高錳酸鉀 Mn^{7+} 氧化 Mn^{2+} 生成 MnO_2 沉澱反應式如下列：



使用攜帶型餘氯計 20ml 檢測瓶，使用可調節式 10.000ml 吸量管精取 10.000ml 相當氯原子濃度 0.80 mg/L 標準溶液移入，另再使用可調節式 200 μ l 吸量管精取氯化錳(含 4 分子水) 1000 mg/L 錳離子 100 μ l 加入，上述溶液立即反應生成 MnO_2 ，以 0.2 μ m 濾膜之針筒過濾器過濾，將無色過濾液及 0.2 μ m 濾膜上黑色固體 MnO_2 分別使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑檢測結果如表 6。

由表 6 得知，高錳酸鉀相當氯原子濃度 0.80mg/L 立即氧化四水合氯化錳 10 mg/L Mn^{2+} 生成黑色固體 MnO_2 ，使用 0.2 μ m 濾膜之針筒過濾器過濾，濾膜下層無色過濾液使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑檢測濃度 ND，濾膜上層黑色固體 MnO_2 加入去離子水加

DPD 試劑搖勻溶解黑色固體，還原 10.0ml 體積檢測濃度為 0.80 mg/L，與反應前濃度相當，因此可以判定 MnO_2 生成及與 DPD 試劑再反應程度是 100%。

(五)淨水場原水含鐵錳實例評估

新興淨水場與新城淨水場屬第九區管理處富世系統深井，二座淨水場相距 1.65 公

里，地理位置如圖 3。

依地面水滲流地質因素對水域深井總硬度增加量 20 mg/L 影響⁶，立霧溪地面水總硬度 186 mg/L，地面水水域滲流地下深井總硬度推估新興深井為 206 mg/L 相符合如表 7。

新城淨水場原水排水 20 分鐘後採樣如

表 6 MnO_2 與 DPD 試劑反應檢測結果表

高錳酸鉀相當氯原子濃度 (mg/L)	最初體積 (ml)	加 1000 mg/L 錳離子溶液體積	最終體積 (ml)	錳離子濃度 (mg/L)	氧化反應 0.2 μm 濾膜之針筒過濾器過濾		DPD 試劑反應檢測濃度(mg/L)	還原 10.0ml 體積檢測濃度(mg/L)	MnO_2 生成及與 DPD 試劑再反應程度
0.80	10.0	0.10ml	10.10	10	濾膜上層	黑色固體 MnO_2	10.10 ml 去離子水加 DPD 試劑搖勻溶解黑色固體檢測濃度 0.79	0.80	100%
					濾膜下層	無色過濾液	10.10 ml 加 DPD 試劑檢測濃度 ND	ND	ND



圖 3 新興淨水場與新城淨水場地理位置圖

表 7 立霧溪地面水及水域新興淨水場深井總硬度檢測統計分析表

流域	鄉鎮	地面水		水域深井		深井總硬度增加量
		溪流名稱	總硬度	深井名稱及深度	總硬度	
立霧溪	秀林鄉	立霧溪	186 mg/L	新興深井 深度 86 公尺	206 mg/L	20 mg/L

圖 4，新興淨水場原水排水 20 分鐘採樣如圖 5，新城淨水場及新興淨水場原水排水 20 分鐘採樣檢驗結果如表 8。

乾涸流域每公里增加 11mg/L 估算為 224mg/L，新城淨水場檢測結果 277mg/L，比預估總硬度高 53 mg/L，依此推估係因新城淨水場深井總硬度臨近太平洋僅 0.29 公里，可能受太平洋流域輕微影響，且新城淨水場

檢驗結果鐵 0.45mg/L 及錳 0.07mg/L 有偏高情形。新城淨水場原水排水 20 分鐘採樣檢驗結果鐵 0.45mg/L 及錳 0.07mg/L，使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢測濃度 ND 結果顯示不含 MnO_2 固體。

另再取新城淨水場原水未排水採樣與使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢驗結果如表 9。

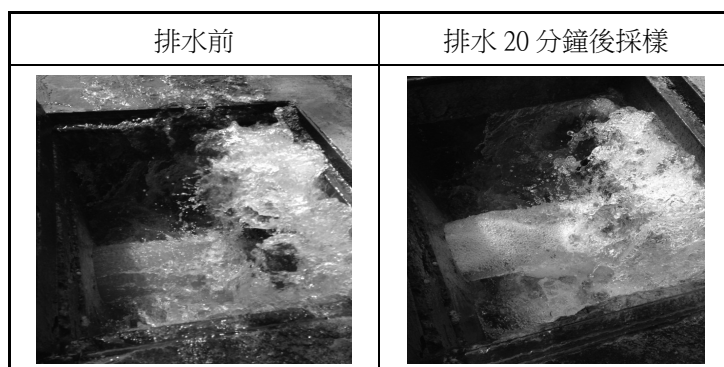


圖 4 新城淨水場原水排水 20 分鐘後採樣

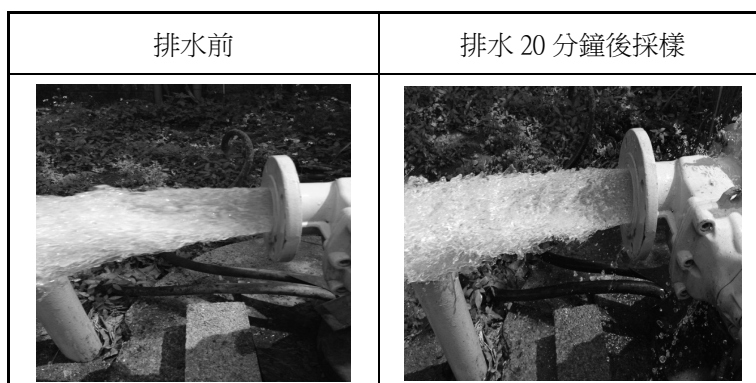


圖 5 新興淨水場原水排水 20 分鐘後採樣

表 8 新城淨水場及新興淨水場原水排水 20 分鐘後採樣檢驗結果表

項次	採樣地點	外觀色	pH	硬度 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)	攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢測濃度 (mg/L)
1	新城淨水場原水	無色	7.6	277	0.45	0.07	ND
2	新興淨水場原水	無色	7.7	206	0.11	ND	ND

表 9 新城淨水場原水未排水採樣與 DPD 試劑反應檢驗結果表

項次	水樣別	外觀色	攜帶型餘氯計 DPD 試劑 反應檢測濃度(mg/L)
1	原水	橙色	ND

由表 9 得知，檢驗結果表為 ND，顯示橙色鐵化合物沈澱及溶解性 Mn^{2+} 是穩定狀態，不參與氧化還原反應。

綜上所述，錳氧化物對自由餘氯檢測偽似反應干擾，錳+7 價為高錳酸鉀固體或溶液，錳+4 價為二氧化錳固體，是符合實際。

五、結論

本研究對於水中餘氯檢測方法一分光光度計法(NIEA W408.51A)公告方法，錳的氧化物會對自由有效餘氯測定產生干擾，一併加以研究探討，研究結論如下：

- 1.使用攜帶型餘氯計檢測高錳酸鉀相當氯原子濃度 1.0 mg/L 以下線性百分率 100%，而在 2.0 mg/L 時線性百分率降低至 96.5%。
- 2.二氧化錳不溶於水，但二氧化錳黑色固體水樣會與 DPD 試劑反應，且隨著時間增長紅色加深。
- 3.四水合氯化錳、一水合硫酸錳及四水合硝酸錳，不同錳離子(+2 價)濃度與攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢驗結果均無反應發生。
- 4.使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑檢測水樣，水樣體積 30ml 以內無誤差。
- 5.高錳酸鉀相當氯原子濃度 0.80mg/L 立即氧化四水合氯化錳 10 mg/L Mn^{2+} 生成黑色固體 MnO_2 ，使用 0.2 μm 濾膜之針筒過濾器過濾，濾膜上層黑色固體 MnO_2 加入 10.00 ml 去離子水加 DPD 試劑搖勻溶解黑色固

體再檢測濃度 0.80 mg/L，與反應前濃度相當，因此可以判定 MnO_2 生成及與 DPD 試劑再反應程度是 100%，且不受氯離子、硫酸根離子及硝酸根離子濃度影響。

- 6.新城淨水場原水檢驗結果鐵 0.45mg/L 及錳 0.07mg/L，使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢測濃度 ND，結果顯示原水不含 MnO_2 固體。
- 7.新城淨水場原水未排水採樣含橙色鐵化合物沈澱及溶解性 Mn^{2+} ，使用攜帶型餘氯計 DPD 試劑反應檢驗結果為 ND，顯示橙色鐵化合物沈澱及溶解性 Mn^{2+} 是穩定狀態，不參與氧化還原反應。
- 8.錳氧化物對自由餘氯檢測偽似反應干擾，錳+7 價為高錳酸鉀固體或溶液，錳+4 價為二氧化錳固體，是符合實際。

參考文獻

- 1.行政院環保署環境檢驗所，水中餘氯檢測方法一分光光度計法，<http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W40851A.htm>
- 2.HACH Company POCKET COLORMETER™ Analysis System Chlorine (Cl₂) Instruction Manual，2004. All right reserved. Print in the U.S.A
- 3.HACH Company，Current Technology of Chlorine Analysis for Water and Wastewater Technical Information Series — Booklet No.17 By Danial L.Harp，p3
- 4.行政院環保署環境檢驗所，飲用水水質採樣方法－自來水系統，<http://www.niea.gov.tw/>

niea/pdf/WATER/W10155A.pdf

5.HACH Compamy, Current Technology of Chlorine
Analysis for Water and Wastewater Technical
Information Series — Booklet No.17 By Danial
L.Harp, p13

6.自來水公司第九區管理處,105年地面水水域滲
流影響地下水深井總硬度之研究, p9-p10

作者簡介

許國樑先生

現職：台灣自來水公司第九區管理處工程師

專長：化學檢驗

本刊 106 年「每期專題」

期別	主 題	子 題	時程
36 卷 第 4 期	新 興 議 題 與再再利用	新興水質項目應對、突發事件預警、供水 緊急應變、危機管理、氣候變遷與調適、 國際水情、淨水用藥、廢水回收、淨水污 泥再利用等	11 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

PVC 硬質及軟管揮發性及半揮發性 有機化合物釋出研究

文/張美惠

一、前言

北水處用戶水質抱怨案件中，常有民眾反映自來水異藥味的案例，經現場勘查發現大部分為民眾使用園藝用塑膠軟管接水，或戶內 PVC 硬質塑膠管接管時接著劑所造成，究竟 PVC 管材溶出成份為何，對人體健康有何影響則未知。隨著檢驗技術之發展與進步，飲用水中越來越多的新興污染物被發現，這些化合物存在水中的濃度很低，通常為 $\mu\text{g/L}$ (ppb)等級或更低，對人體的健康影響不是很明確，對環境生物的影響有些許證據，尤以一些類環境荷爾蒙物質或疑似致癌物質最被關切。本研究就自來水用戶常用之 PVC 硬質塑膠管及民眾常因誤用於自來水而產生異臭味之橘色園藝用 PVC 塑膠軟管進行溶出試驗，另外亦取 PVC 硬質塑膠管以市售接著劑進行接合後，進行溶出試驗，以瞭解上述管材溶出揮發性及半揮發性有機化合物之狀況，及可能對人體健康之影響。

二、揮發性及半揮發性有機物之健康影響

本研究溶出試驗檢測之化合物包括：19 項揮發性有機物及 7 項半揮發性有機物，該 26 項化合物對人體健康之影響，整理如表 1。

三、研究方法

(一)研究試驗步驟

本研究依以下步驟進行：

- 1.購買市售內徑 25mm 自來水用新的 PVC 硬質塑膠管及園藝用橘色 PVC 軟管，前者長度 60cm 共 5 段，後者長度 3 m，以每批次能取出揮發性及半揮發性有機物檢測所需水樣體積(揮發性有機物檢驗樣品 40mL；半揮發性有機物檢驗樣品 1L)。
- 2.取硬質 PVC 管 2 段(長度各 40cm)，以市售接著劑接合後，以 Parafilm 封口膜將 1 端密封，再將管內充滿萃取水(或自來水)，充滿後立即倒出作為分析樣品，約 4 次可取足分析樣品所需水樣體積。依前述充滿倒出步驟 4 次，可取得第 2 個分析樣品，重複上述步驟共取 5 個分析樣品，分別檢測揮發性及半揮發性有機物。
- 3.取 1.所述新的 PVC 硬質塑膠管 4 段，依美國 NSF 61 管材溶出試驗程序，管內充滿萃取水，以 Parafilm 封口膜將兩端密封，置於恆溫箱內，於 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 恆溫下依不同試驗延時取樣，檢測揮發性及半揮發性有機物。
- 4.取橘色 PVC 軟管 1 段，依美國 NSF 61 管材溶出試驗程序，管內充滿萃取水，以 Parafilm 封口膜將兩端密封，置於恆溫箱，於 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 恆溫下，依不試驗延時取樣，分析揮發性及半揮發性有機物。
- 5.以洗淨之 1L 玻璃製血清瓶裝試劑水，以與管材相同方法密封瓶口，放入相同環境，相同時間順序取樣分析，進行方法空白分析。



表 1 本研究檢測之各項有機化合物對人體健康之影響

分類	中文名稱	英文名稱	對人體健康影響
揮發性有機物	氯乙烯	Vinyl Chloride	人類致癌物，中樞神經衰弱、肝腎、肺病變
	1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethylene	可能人類致癌物，中樞神經系統、肝、腎損害
	二氯甲烷	Dichloromethane	可能人類致癌，肝癌，心臟血管疾病
	順-1,2-二氯乙烯	cis-1,2- Dichloroethene	未發現有致癌證據，肝、腎、肺吸收，並迅速排泄
	反-1,2-二氯乙烯	trans-1,2- Dichloroethene	中樞神經系統損傷
	氯仿	Chloroform	極可能人類致癌物，肝、腎腫瘤
	1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	未發現有致癌證據，肺水腫、脂肪肝中樞神經抑制
	四氯化碳	Carbontetrachloride	極可能人類致癌物，肝、腎腫瘤
	1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	極可能人類致癌物，肝、腎、中樞神經及心血管系統損害
	三氯乙烯	Trichloroethylene	極可能人類致癌物，肝、腎、中樞神經及心血管系統損害
	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	極可能人類致癌物，肝、腎、大腸腫瘤
	四氯乙烷	Tetrachloroethene	可能人類致癌物，肝、腎腫瘤
	一氯二溴甲烷	Dibromochloromethane	可能人類致癌物，肝腫瘤
	溴仿	Bromoform	極可能人類致癌物，肺腫瘤
	1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	極可能人類致癌物，肝、腎、中樞神經及心血管系統損害
	1,2-二氯苯	1,2- Dichlorobenzene	無證據顯示致癌，對腎臟及血液造成影響
	苯	Benzene	人類致癌物，造血系統及中樞神經系統損害
	甲苯	Toluene	未發現有致癌證據，中樞神經系統、脾、肝、腎損害
	二甲苯	Xylene	未發現有致癌證據，中樞神經系統、肝損害
半揮發性有機物	雙酚 A	Bisphenol A	國際毒化學計畫研究認為毒性低，沒直接證據顯示為致癌物
	鄰苯二甲酸二甲酯	Dimethyl phthalate (DMP)	1.呼吸造成人或動物眼睛、鼻子、喉嚨刺激，2.無人類致癌資料，3.動物研究輕微影響生長及腎 4.非人類致癌性，美國 EPA 致癌等級歸類為 D。
	鄰苯二甲酸二乙酯	Diethyl phthalate(DEP)	非人類致癌物，對人類健康之影響為未知
	鄰苯二甲酸二丁酯	Di-n-butyl phthalate(DBP)	肝損害，毒理資料缺乏
	鄰苯二甲酸甲苯基丁酯	Benzyl butyl phthalate(BBP)	1.食用含微量 BBP 食品為人體暴露之主要來源，2.急性暴露血液及中樞神經系統受影響，3.美 EPA 及國際癌症協會癌症等級列為 C(可能人類致癌物，動物試驗數據有限)。
	鄰苯二甲酸二正丁酯	Di-n-octyl phthalate(DNOP)	1.食入毒性低，2.短期對肝造成傷害，3.致癌等級 2B。
	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	Bis 2-ethylhexyl phthalate (DEHP)	出現在肝、腎、睪丸、脂肪、乳汁;對兒童影響最顯著,美國環保署致癌等級 B2(疑似人類致癌物,有動物實驗證據)。

6.以洗淨之 1L 玻璃製血清瓶，加入已知濃度水樣後，以與管材相同方法密封，放入相同環境，依相同時間順序取樣分析，進行添加標準品濃度分析，以測試待檢測化合物之穩定性。

7.經溶出試驗取出之萃取水樣以 NIEA 784.52C「水中揮發性有機化合物檢測方法—吹氣捕捉／氣相層析／串聯式光離子化偵測器及電解導電感應偵測器法」及 NIEAW801.52B「水中半揮發性有機化合物檢測方法—氣相層析質譜儀法」分別分析揮發性有機物及半揮發性有機物。

8.進行數據分析及健康評估。

(二)管材溶出試驗程序

本研究採用美國 NSF61 管材溶出試驗程序，其步驟摘述如下：

1.管材洗淨

管材試樣先以自來水洗去管壁上附著之外來顆粒狀污物，並以實驗室試劑水潤洗。

2.準備萃取水(Exposure Water)

因分析目標物為有機物，製備 pH=8 之萃取水，pH=8 萃取水(含 100 ppm 硬度及 0 ppm 餘氯)之製備方法為：25mL 0.04M NaHCO₃ solution +25 mL 0.04M CaCl₂，稀釋至 1 公升，每天重新配製。其中 0.04M NaHCO₃ 溶液：溶 3.36 克 NaHCO₃ 於試劑水，稀釋至 1 公升，每週重新配製；0.04M CaCl₂：溶 4.44 克無水 CaCl₂ 於試劑水，稀釋至 1 公升，每週重新配製。

3.多點萃取法

試驗管材/管段充滿萃取水，以非反應物(Inert)加蓋，於 23±2℃ 放置 24±1 小時，取出萃取水分析(第 1 天)，重新以萃取水充滿，

於 23±2℃ 再放置 24±1 小時，取出萃取水分析(第 2 天)，重新以萃取水充滿，重覆前步驟，於第 4、8、10、15 及 19 天取得萃取水分析。第 3、7、9、14 及 18 天萃取水丟棄，程序如表 2 所示。

4.方法空白

每 1 批次進行方法空白，以一洗淨玻璃製血清瓶，倒入試劑水後，以與管材同方法密封，放入相同 23±2℃ 環境，依相同時間順序取樣分析。

5.方法標準(Method Standard)又稱添加(spiked)標準濃度分析

每 1 批次進行添加測試，以一洗淨玻璃製血清瓶，倒入已知濃度水樣後，以與管材相同方法密封，放入相同 23±2℃ 環境，依相同時間順序取樣分析，測試待測定化合物之穩定性。

6.數據評估

(1)分析濃度正規化(Normalization)

將分析數據以下式進行正規化：

$$\text{正規化濃度} = \frac{\text{實驗室測出濃度} \times (\text{SA}_F \times \text{V}_L)}{(\text{SA}_L \times \text{V}_{F(\text{static})})}$$

SA_F：管材實際暴露表面積

SA_L：管材實驗時暴露表面積

V_L：管材實驗時使用萃取水體積

V_{F(static)}：管材滯留狀況接觸萃取水體積

(2)多點萃取法結果計算

以【正規化濃度】對【流逝時間】作圖，稱為衰退曲線(Decay curve)，取【流逝時間】第 15 天數據為 Day1；以外差求得(或實際實驗)第 105 天數據，為 Day90。

Day1 數據不可超過【短期暴露值】(short-term exposure level, STEL)；Day90 滯留



(Statics)數據不可超過【最大污染物容許值】
(Maxium contaminant level , MCL)或【總允許
濃度】TAC (Total allowable concentration) ,
NSF61 方法中僅列出部份有健康評估之揮發
性及半揮發性有機物之健康限值，如表 3。

四、結果與討論

本研究實驗結果討論如下：

(一)檢測分析品質管制

1.方法偵測極限

各揮發性有機物及半揮發性有機物之

方法偵測極限詳表 4。

2.空白試驗

將實驗室試劑水，依樣品相同試驗程序
進行空白試驗，結果如表 5，26 項化合物中，
二氯甲烷、一溴二氯甲烷、甲苯、1,2-二甲
苯、DMP 及 DEHP 等 6 項有低濃度測值，其
中 1,2-二甲苯、甲苯及 DEHP 空白試驗最大
值小於或約等於方法偵測極限的 2 倍，尚符
合檢驗品管規範，二氯甲烷、一溴二氯甲烷
則顯示環境或儀器有該化合物污染現象。

表 2 多點萃取法管財測試取樣程序

暴露時間	流逝時間	取 樣
24±1 小時	1 天	達暴露時間收集萃取水分析後，重新填充萃取水
24±1 小時	2 天	滿暴露時間收集萃取水分析後，重新填充萃取水
24±1 小時	3 天	滿暴露時間排出萃取水丟棄後，重新填充萃取水
24±1 小時	4 天	滿暴露時間收集萃取水分析後，重新填充萃取水
72±1 小時	7 天	滿暴露時間排出萃取水丟棄後，重新填充萃取水
24±1 小時	8 天	滿暴露時間收集萃取水分析後，重新填充萃取水
24±1 小時	9 天	滿暴露時間排出萃取水丟棄後，重新填充萃取水
24±1 小時	10 天	滿暴露時間收集萃取水分析後，重新填充萃取水
96±1 小時	14 天	滿暴露時間排出萃取水丟棄後，重新填充萃取水
24±1 小時	15 天	滿暴露時間收集萃取水分析後，重新填充萃取水
72±1 小時	18 天	滿暴露時間排出萃取水丟棄後，重新填充萃取水
24±1 小時	19 天	滿暴露時間收集萃取水分析後，重新填充萃取水

表 3 NSF61 所列揮發性及半揮發性有機物之健康限值

化合物	TAC or MCL (mg/L)	STEL (mg/L)
Bisphenol A	1	5
Di(2-ethylhexyl Terephthalate (DEHT)	1	9
DEHP	0.006	—
苯(benzene)	0.005	—
甲苯(Toluene)	1	—
二氯甲烷(Dichloromethane)	0.005	—

3.方法標準分析

方法標準(Method Standard)又稱添加(spiked)標準濃度分析，係於試劑水中添加標準濃度，依相同試驗程序試驗及分析，以測

試待分析化合物之穩定性，測試結果如表 6，顯示二氯甲烷、順-1,2-二氯乙烯及雙酚 A 等 3 種化合物，其在試驗過程中之穩定性較差。

表 4 各項檢測化合物之方法偵測極限

化合物	MDL(μg/L)	化合物	MDL(μg/L)	化合物	MDL(μg/L)
氯乙烯	0.0330	三氯乙烯	0.0358	1,3&1,4 二甲苯	0.0278
1,1-二氯乙烯	0.0281	一溴二氯甲烷	0.0284	1,2 二甲苯	0.0336
二氯甲烷	0.0255	四氯乙烯	0.0234	雙酚 A	6.16
順-1,2-二氯乙烯	0.0227	一氯二溴甲烷	0.0401	鄰苯二甲酸二甲酯(DMP)	3.44
反-1,2-二氯乙烯	0.0198	溴仿	0.0320	鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)	3.53
氯仿	0.0304	1,4-二氯苯	0.0320	鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)	4.96
1,1,1-三氯乙烷	0.0234	1,2-二氯苯	0.0715	鄰苯二甲酸甲苯基丁酯(BBP)	5.24
四氯化碳	0.0312	苯	0.0353	鄰苯二甲酸二正丁酯(DNOP)	1.29
1,2-二氯乙烷	0.0304	甲苯	0.0274	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	1.15

表 5 空白試驗結果

化合物	結果(μg/L)	化合物	結果(μg/L)	化合物	結果(μg/L)
氯乙烯	ND	三氯乙烯	ND	1, 3&1, 4 二甲苯	ND
1, 1-二氯乙烯	ND	一溴二氯甲烷	ND~0. 14	1, 2 二甲苯	ND~0. 08
二氯甲烷	0. 35~8. 94	四氯乙烯	ND	雙酚 A	ND
順-1, 2-二氯乙烯	ND	一氯二溴甲烷	ND	鄰苯二甲酸二甲酯(DMP)	1. 57~2. 78
反-1, 2-二氯乙烯	ND	溴仿	ND	鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)	ND
氯仿	ND	1, 4-二氯苯	ND	鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)	ND
1,1,1-三氯乙烷	ND	1, 2-二氯苯	ND	鄰苯二甲酸甲苯基丁酯(BBP)	ND
四氯化碳	ND	苯	ND	鄰苯二甲酸二正丁酯(DNOP)	ND
1, 2-二氯乙烷	ND	甲苯	ND~0. 04	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	ND~3. 26



表 6 添加標準濃度分析結果

化合物	回收率(%)	化合物	回收率(%)	化合物	回收率(%)
氯乙烯	71.2~83.8	三氯乙烯	90.9~99.9	1,3&1,4 二甲苯	79.6~86.6
1,1-二氯乙烯	79.1~98.4	一溴二氯甲烷	85.8~97.2	1,2 二甲苯	81.3~89.5
二氯甲烷	0.0~221	四氯乙烯	90.5~97.2	雙酚 A	51.2~88.9
順-1,2-二氯乙烯	0.0~91.9	一氯二溴甲烷	80.7~92.9	鄰苯二甲酸二甲酯(DMP)	72.3~81.4
反-1,2-二氯乙烯	84.8~105	溴仿	85.0~91.8	鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)	77.6~84.6
氯仿	88.1~94.4	1,4-二氯苯	81.0~87.2	鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)	93.4~99.7
1,1,1-三氯乙烷	85.6~99.1	1,2-二氯苯	82.2~97.9	鄰苯二甲酸甲苯基丁酯(BBP)	99.7~106
四氯化碳	85.8~97.2	苯	82.2~88.6	鄰苯二甲酸二正丁酯(DNOP)	102.7~107
1,2-二氯乙烷	90.5~95.9	甲苯	83.0~101	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	108.9~115

(二) PVC 硬質塑膠管溶出試驗結果

PVC 硬質塑膠管依 NSF61 標準程序，於 19 天之溶出試驗過程中，萃取液完全未檢出者包含 16 項揮發性有機物及 3 項半揮發性有機物，檢出者包括氯乙烯、甲苯、1,2-二甲苯及塑化劑 DEHP、DMP、DBP、DNOP 等 7 種化合物，如圖 1~圖 7。各種化合物之溶出狀況不同，氯乙烯、1,2 二甲苯、DBP、DNOP 等 4 種化合物於溶出試驗前 2~4 天，被檢測出濃度值，之後即降為 ND；甲苯約 8 天後降為 ND；DEHP 及 DMP 則於第 19 天仍檢測出有殘存濃度，顯示有持續溶出現象。

(三)橘色 PVC 軟質管溶出試驗結果

橘色 PVC 軟質塑膠管依 NSF61 標準程序，於 19 天之溶出試驗過程中，萃取液完全未檢出者包含 13 項揮發性有機物及 3 項半揮發性有機物，檢出者包括二氯甲烷、1,2-二氯苯、苯、甲苯、1,3 & 1,4-二甲苯、1,2-二甲苯、雙酚 A、塑化劑 DEHP、DNOP、DMP 等 10 種化合物。如圖 8~圖 17。

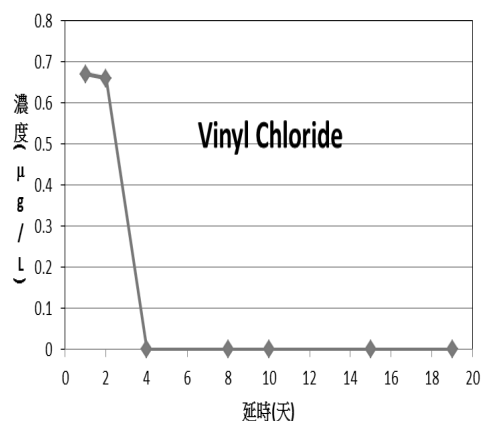


圖 1 PVC 硬管溶出試驗氯乙烯溶出結果

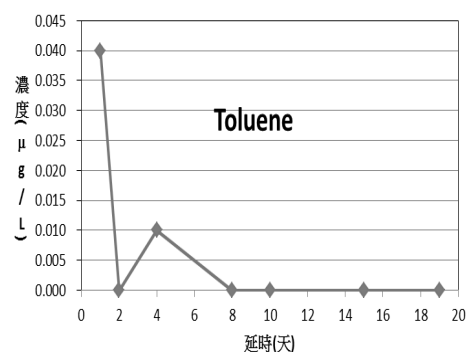


圖 2 PVC 硬管溶出試驗甲苯溶出結果

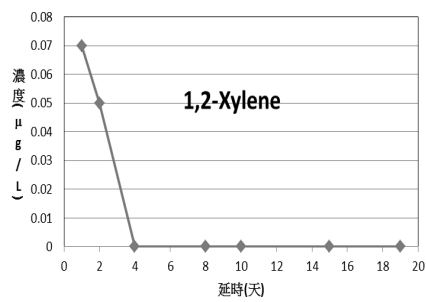


圖 3 PVC 硬管溶出試驗 1,2-二甲苯溶出結果

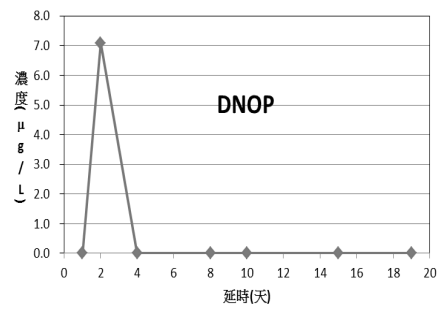


圖 7 PVC 硬管溶出試驗塑化劑 DNOP 溶出結果

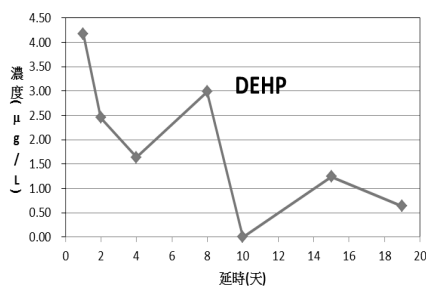


圖 4 PVC 硬管溶出試驗塑化劑 DEHP 溶出結果

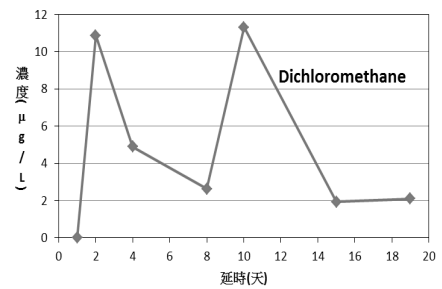


圖 8 PVC 軟管溶出試驗二氯甲烷溶出結果

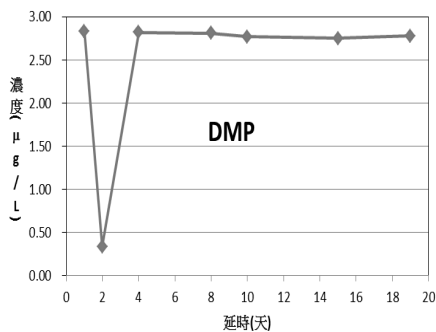


圖 5 PVC 硬管溶出試驗塑化劑 DMP 溶出結果

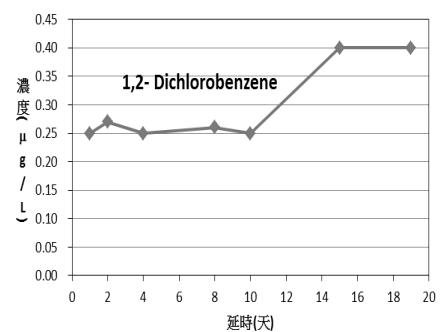


圖 9 PVC 軟管溶出試驗 1,2-二氯苯溶出結果

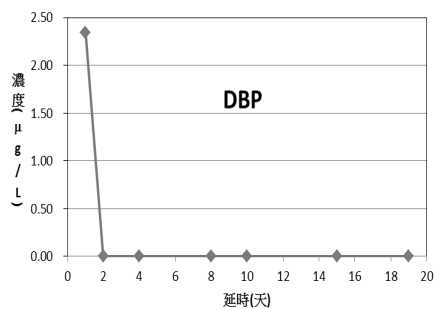


圖 6 PVC 硬管溶出試驗塑化劑 DBP 溶出結果

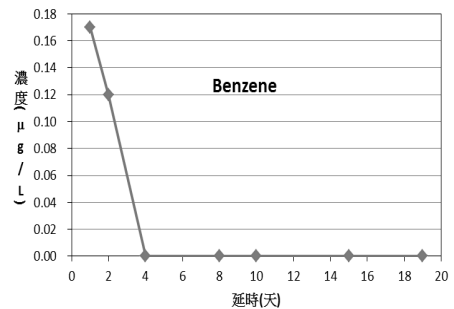


圖 10 PVC 軟管溶出試驗苯溶出結果

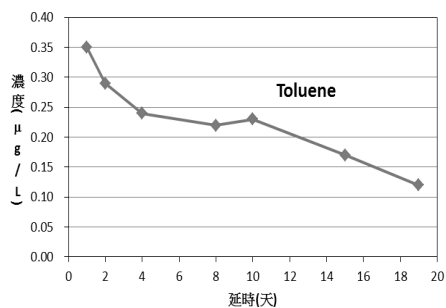


圖 11 PVC 軟管溶出試驗甲苯溶出結果

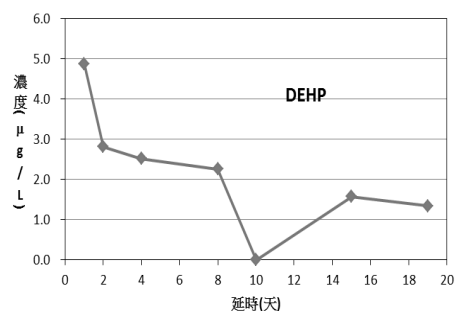


圖 15 PVC 軟管溶出試驗 DEHP 溶出結果

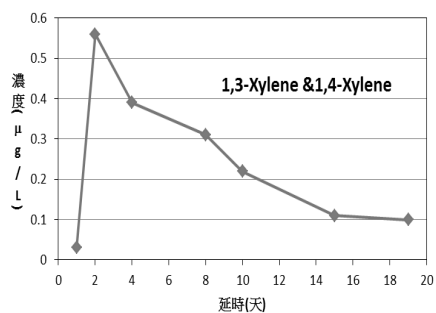


圖 12 PVC 軟管溶出試驗 1,3 及 1,4-二甲苯溶出結果

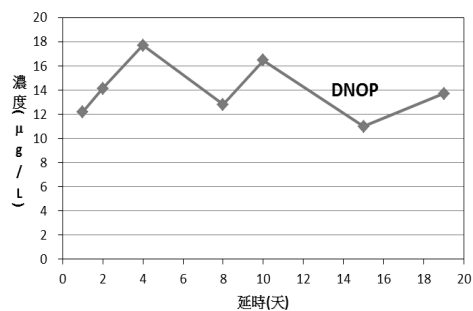


圖 16 PVC 軟管溶出試驗 DNOP 溶出結果

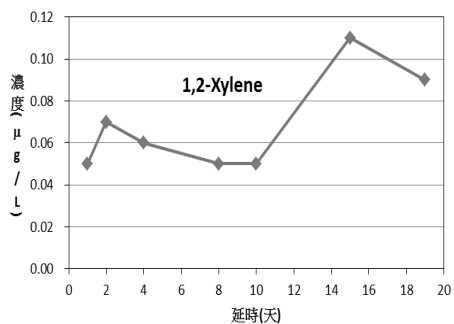


圖 13 PVC 軟管溶出試驗 1,2-二甲苯溶出結果

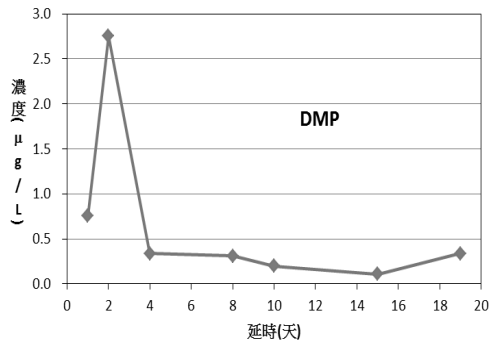


圖 17 PVC 軟管溶出試驗 DMP 溶出結果

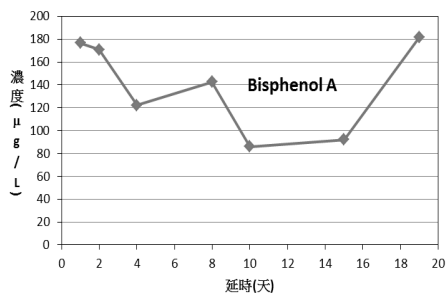


圖 14 PVC 軟管溶出試驗雙酚 A 溶出結果

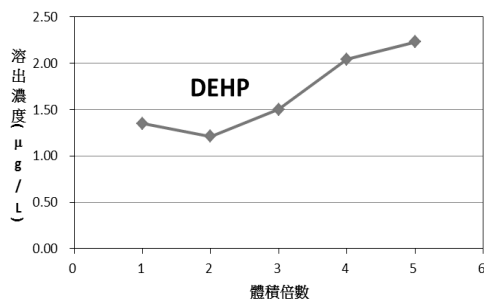


圖 18 PVC 硬質管接合 DEHP 溶出結果

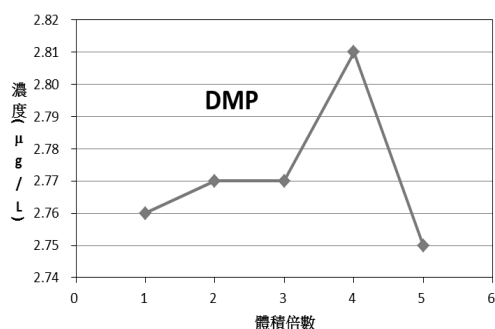


圖 19 PVC 硬質管接合 DMP 溶出結果

10 種化合物中僅苯及 DMP 在 4 天內產生最大溶出量後遞減至 ND 及極低濃度，其餘均有持續溶出之現象，1,2-二氯苯、1,2-二甲苯及雙酚 A 甚至有溶出量持續上升之趨勢，DNOP 則維持約相同濃度溶出。

(四) PVC 硬質塑膠管接合溶出試驗結果

2 段 PVC 硬質塑膠管使用接著劑接合後，以水連續充填潤洗，檢測 26 項化合物，結果僅出現 DEHP 及 DMP 2 項化合物(如圖 18 及圖 19)，其餘 24 化合物均 ND，顯示接著劑於連續潤洗水溶出的主要化合物為塑化劑。

(五) 健康風險評估

依 NSF61 管材溶出試驗程序—「多點萃取法」數據評估方法，以【正規化濃度】對【流逝時間】作成 Decay curve 圖，取【流逝時間】第 15 天數據為 Day1；以外差求得第 105 天數據，為 Day90。Day1 數據不可超過【短期暴露值】(short-term exposure level(STEL))；Day90 滯留(Statics)數據不可超過【最大污染物容許值】(Maximum contaminant level, MCL)或【總允許濃度】TAC (Total allowable concentration)。因 NSF61 所列【短期暴露值】資料中未涵括本研究分析之有機物，故本研究健康風險分析僅評估 Day90。

評估 PVC 硬質塑膠管之健康風險，如表

7 所示，僅 DMP 有濃度值，顯示 DMP 有低濃度持續溶出現象，惟目前尚無最大容許值資訊，無法評估其對健康影響，其它化合物 Day90 評估值均為 ND。

表 7 PVC 硬質塑膠管健康風險評估

溶出化合物	Day90 值 (μg/L)	最大容許值 MCL(μg/L)
氯乙烯	ND	-
甲苯	ND	1000
1,2-二甲苯	ND	-
DEHP	ND	6
DMP	2.76	-
DBP	ND	-
DNOP	ND	-

評估橘色 PVC 軟質塑膠管之健康風險，如表 8 所示，Day90 有濃度值的為二氯甲烷、1,2-二氯苯、1,2-二甲苯、雙酚 A 及 DNOP，其中二氯甲烷及雙酚 A 未超過最大容許值，其它 3 項則缺乏最大容許值資訊，無法評估其對健康之影響。

表 8 軟質橘色 PVC 塑膠管之健康風險評估

溶出化合物	D90 值 (μg/L)	最大容許值 MCL(μg/L)
二氯甲烷	2	5
1,2-二氯苯	1.15	-
苯	ND	5
甲苯	ND	1000
1,3&1,4-二甲苯	ND	-
1,2-二甲苯	0.3	-
雙酚 A	17	1000
DEHP	ND	6
DMP	ND	-
DNOP	6	-

五、結論與建議

(一)依據美國 NSF61 管材溶出試驗程序，以多點萃取法針對市售自來水用 PVC 硬質塑膠管及園藝用橘色 PVC 軟質塑膠管進行溶出試驗，分析包括揮發性有機物及半揮發性有機物等 26 種化合物，結果如下：

- 1.自來水用 PVC 硬質塑膠管在溶出試驗初期會溶出低濃度氯乙烯、甲苯、1,2 二甲苯、DBP 及 DNOP 等化合物，之後遞減；持續溶出者有 DEHP 及 DMP，DEHP 評估無健康風險，DMP 則可能為檢驗過程污染。
- 2.相較於 PVC 硬質管，軟質管溶出較多種化合物；僅在初期有溶出情形者只有苯，其他二氯甲烷、1,2-二氯苯、甲苯、1,3 & 1,4-二甲苯、1,2-二甲苯、雙酚 A、DEHP、DMP、DNOP 等溶出期相對較長，而 1,2-二氯苯、1,2-二甲苯及 DNOP 在本試驗中，溶出量有上升趨勢，惟健康風險評估均為無健康風險或尚無相關健康資訊。
- 3.PVC 硬質塑膠管接合時主要溶出物為塑化劑 DEHP。

(二)使用硬質 PVC 塑膠管建議應進行約 4 天以上之浸泡後排放，可充份去除管材與水接觸初期溶出之化合物，但有微量 DEHP 溶出現象，惟濃度在不影響人體健康範圍。PVC 硬管接合時之接著劑亦會溶出 DEHP，建議大量充份排水後再使用。

- 3.非自來水用橘色 PVC 軟質塑膠管會溶出多種影響健康物質，建議不宜使用於飲用水。

參考文獻

- 1.臺灣大學環境衛生研究所, 飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫(4/4),行政院環境保護署委託研究, 中華民國102年。
- 2.財團法人成大研究發展基金會,推動飲用水列管項目之篩選作業計畫-飲用水列管項目毒理資料庫, 行政院環境保護署委託研究, 中華民國103年。
- 3.NSF/ANSI Standard 61,2013.
- 4.Exposure to endocrine disruptors via materials in contact with drinking water.DETR/DWI 4746,May 1999.

作者簡介

張美惠小姐

現職：台北自來水事業處水質科三級工程師

專長：淨水處理、水質管理、水質檢驗

路竹淨水場水質改善實場試驗

文/陳文祥、江信佑、李坤益、楊景然

一、前言

台灣自來水公司為配合南部科學園區管理局高雄園區之開發，充分供應該園區之民生及工業用水，自阿公店水庫引水至園區內之路竹淨水場（以下簡稱本淨水場）處理。水庫原水引至鄰近之取水站加壓後經管徑 1,000 mm、約 12.6 公里長之專用導水幹管至本淨水場，經處理後之清水與既設管線調配供應園區用水。

本淨水場於 105 年陸續出現三鹵甲烷、鹵乙酸及清水鉛含量偏高等水質事件，經相關會議討論進行延後加氯之杯瓶試驗，相關水質資料如表 1。根據歷次試驗結果顯示有其改善成效，為能確實改善本淨水場水質問題並驗證杯瓶試驗之結果，爰訂定本次實場測試計畫。

二、前置作業

(一)調整 pH 值設備

為解決清水鉛含量問題及加強混凝需降低原水 pH 值，故本計畫在水庫取水站設置臨時性加酸設備，包含有 5 噸之藥桶 3 桶、30 噸藥桶 1 桶及相關加藥設施。

(二)次氯酸鈉管線變更

因應水庫原水前加氯處理，衍生消毒副產物之問題，研擬以後加氯之加藥模式，新設加藥地點在沉澱池之後。

(三)取水站與本淨水場內調整最佳鋁沉降範圍 pH 之計算：

依據理論，鋁離子在不同 pH 值時之溶解態與固態形成比例不同，一般 pH 值低於 7 時會形成較多的固態鋁，利於淨水流程去除。為了解本淨水場水源最佳之鋁沉降 pH 值，於 105 年 10 月 28 日針對本場原水進行最佳鋁沉降範圍 pH 值之杯瓶試驗(以出水量 30,000 CMD 計)，其結果如表 2，顯示(總)鋁含量最低之 pH 值約在 6.5。

表 1 路竹淨水場延後加氯杯瓶試驗-基本資料

場所	路竹淨水場		實際出水量	30,000 CMD
日期	105.9.20		水庫水位高度	34.13 m
原水資料	pH = 8.05	濁度 = 218 NTU	總鋁 = 4.13 mg/L	溶解鋁 = 2.16 mg/L
	TOC= 3.7 mg/L	UV ₂₅₄ =0.09737	總錳 = 0.085 mg/L	溶解錳 = 0.029 mg/L
	NH ₃ -N= 0.19 mg/L		NPDOC= 2.2 mg/L	鹼度=102 mg/L as CaCO ₃
	EEMs (偏向黃酸類、芳香蛋白類及腐植酸類)		藻毒=<0.05 mg/L (柱孢藻毒/總微囊藻毒)	藻毒(溶解性)= <0.05 ng/L (柱孢藻毒/總微囊藻毒)

備註：NH₃-N 為以簡易型 hazhDR2800 檢測結果。



表 2 路竹淨水場最佳鋁沉降 pH 值杯瓶試驗結果

原水資料	pH=7.36		總鋁= 1.30 mg/L			
	濁度= 94.6 NTU		TOC= 2.6 mg/L		溫度= 24.7 °C	
	LSI= -0.13		AlK= 106 mg/L as CaCO ₃			
	Ca ²⁺ (mg/L)=33.6		TDS(簡易型)=206		總硬度= 124 mg/L as CaCO ₃	
杯瓶編號	1	2	3	4	5	6
調整 pH 值	6.00	6.20	6.42	6.64	7.27	7.45
pH 值(1hr 後)	6.21	6.38	6.59	6.82	7.41	7.58
反應參數	100 rpm , 5 分鐘					
加藥混凝膠凝程序						
PACl(mg/L)	60	60	60	60	60	60
反應參數	快混		180 rpm		3 分鐘	
	慢混		30 rpm		15 分鐘	
	沉澱		0 rpm		20 分鐘	
加酸調整	時間 5 分鐘，混凝膠凝後					
取上層液						
溫度(°C)	26.1	26.2	26.1	26.2	26.2	26.2
pH 值	6.27	6.39	6.53	6.65	6.89	7.07
濁度(NTU)	8.40	15.10	14.00	11.00	18.70	10.90
總鋁(mg/L)	—	0.849	0.764	0.669	0.710	—
TOC(mg/L)	—	1.50	1.30	1.30	1.40	—
AlK (mg/L as CaCO ₃)	46	44	58	76	88	90
Ca ²⁺ (mg/L)	36.8	30.4	32.0	33.6	32.0	33.6
TDS(簡易型)	201.3	197.4	194.4	188.9	183.5	182.3
(緩衝強度)	2.43E-06	1.55E-06	9.85E-07	6.66E-07	5.62E-07	7.37E-07
LSI	-2.09	-1.99	-1.63	-1.26	-0.59	-0.38

(*)：簡易型稀釋一倍所量測之值，若採原液無稀釋則超出偵測極限 0.25mg/L。

(四)酸用量及 LSI 計算：

於實場測試前需了解酸之添加量為多少，方能估算所需用酸量及加藥機之流速等。另外，因本次試驗於取水站添加酸劑，需經過約 12.6 公里之原水導管後進入本淨水場內，故針對 LSI 亦需計算以了解管線的腐蝕與淤積情況。LSI 計算如下列算式，結果如表 2 所列。依據 LSI 計算結果，預估從原水站加酸後經過原水管線會有腐蝕的情況發生，且調整 pH 值後一段時間，pH 值會有略為升高的趨勢。綜合上述結果，於實場測試需加強該部分監控，了解水質變化情形。

1.酸用量計算

為避免加酸過量超出原水緩衝強度導致 pH 值瞬間變化過大而再以滴定法製作加酸與 pH 值之變化曲線，以了解加入不同量之硫酸影響 pH 值變化之程度。本次於 11 月 28 日以 60% 及 12% (稀釋 5 倍) 之硫酸各製作乙條加酸曲線如圖 1 及圖 2。

滴定實驗使用 2L 之杯瓶，且當時原水 pH 值為 7.41，故依據 12% 硫酸滴定曲線所得之回歸公式 ($y = -9.1494x + 7.2381$) 可以推算當原水 pH 值約為 7.4、出水為 3 萬 CMD 時，若欲將其調整至 pH 值等於 6.0 時需要 2,025L/day (計算如 2-1 式)，由此可知加藥機流量約為 84.4(L/hr)。

$$6 = -9.1494x + 7.2381 \quad (2-1 \text{ 式})$$

$$x = 0.135 \text{ (ml) (2L 水，60\% 硫酸添加量)}$$

$$0.135 \text{ (ml/2L)} \times 30,000 \text{ (m}^3\text{/day)} = 2,025 \text{ (L/day)}$$

2. LSI 計算：依據 Standard Method

$$LSI = pH - pH_s$$

$$pH_s = pK_2 - pK_s + p(Ca^{2+}) + p(HCO_3^-) + 5pfm$$

$$pfm = A \{ [I]^{0.5} / (1 + [I]^{0.5}) - 0.31 \}$$

$$I = TDS / 40000$$

$$A = 1.82 \times 10^6 \times (ET)^{-1.5}$$

$$E = [60953 / (T + 116)] - 68.937$$

$$HCO_3^- = [Alk_t - Alk_0 + 10^{(pfm - pH)} - 10^{(pH + pfm - pK_w)}] / [1 + 0.5 \times 10^{(pH - pK_2)}]$$

$$Ca^{2+} = Cat - Catp$$

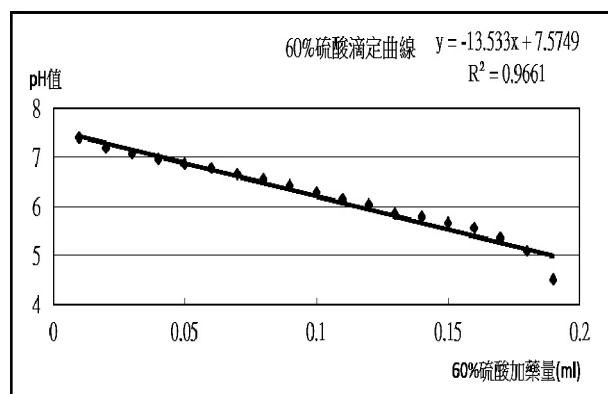


圖 1 60%硫酸滴定曲線(11 月 28 日)

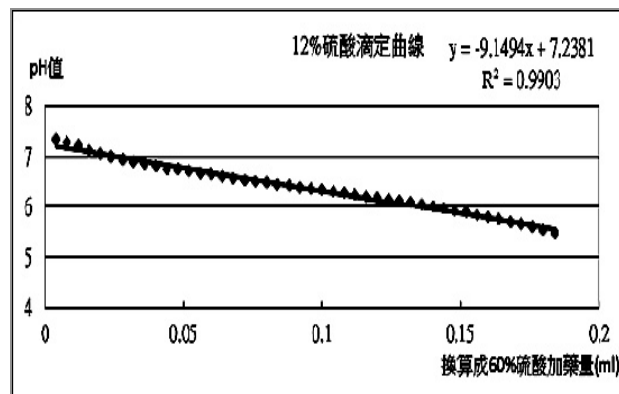


圖 2 12%硫酸滴定曲線(11 月 28 日)

三、實場測試方法及步驟

(一)實場測試設計

本淨水場除了臭味及鋁問題外仍有其它水質問題，於 105 年 6 至 7 月間進行相關杯瓶試驗俾協助路竹場進行改善及因應作為。原 104 年 12 月設定之實場測試流程僅針對臭味、TOC 及錳問題設計，然目前本淨水場尚有三鹵甲烷、清水鋁及鹵乙酸等水質問

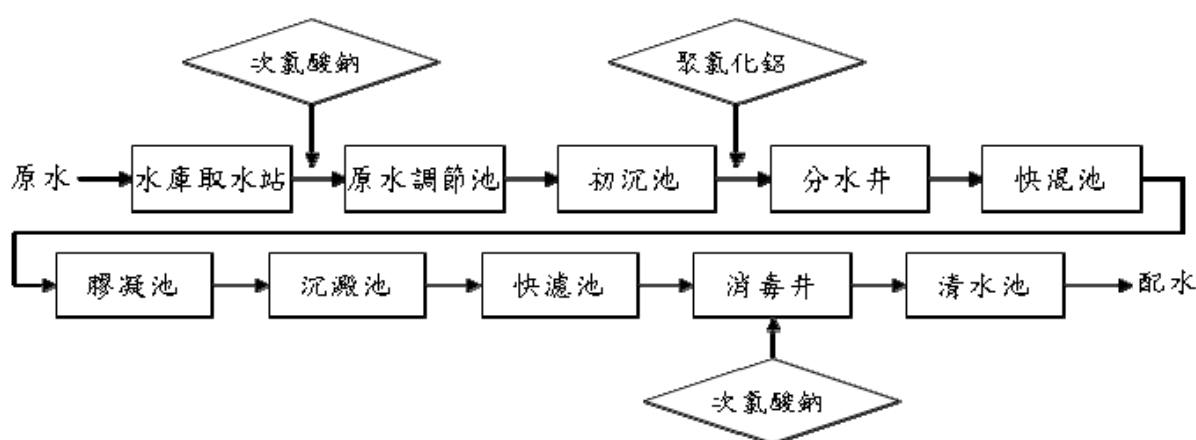


題，故依據 105 年間所做之杯瓶試驗結果調整實場測試流程。

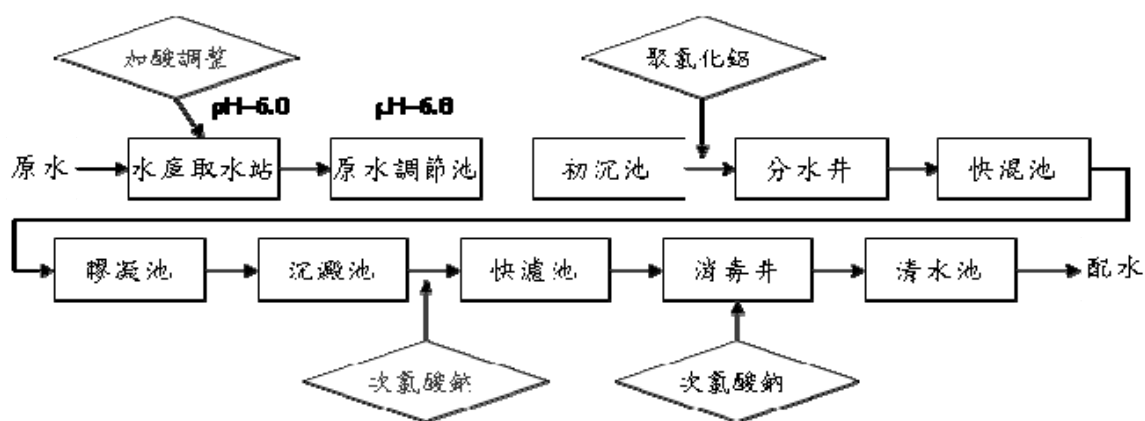
為降低總三鹵甲烷及鹵乙酸生成含量超標風險，採延後加氯並於加氯前透過加強混凝方式提昇前驅物質去除率等方案因應。因取水站至本淨水場內有數公里之管線，水質反應會提高 pH 值，故需降低 pH 值

(二)淨水流程說明

1.原操作模式



2.本次實場測試操作模式



(三)控制點設定

為能於實場測試水質異常時可即時進行應變處置，需設定幾處控制點檢測水質，確認水質在控制範圍內才能繼續測試。當水質發生異常先停止測試，等狀況排除後再繼

使其至淨水場內 pH 值達約 6.8。綜上，設計於水庫取水站調整 pH 值至約 6.0，進入本淨水場內之原水調節池添加粉狀活性碳因暫無臭味發生故不添加，初沉池後添加聚氯化鋁，加次氯酸鈉地點延至沉澱池後快濾池前及消毒井。測試期間出水量設定為 3 萬 CMD。

續測試。控制點及實驗中之採樣點為採樣人員方便辨識，將以 A~J 編號(場內相關位置詳附圖)，並於現場標示。本計畫設定六處控制點(A、B、D、E、G 及 I)，控制點僅檢測 pH 值、濁度及比導電度等三項，其中 G 及 I 兩

點加測餘氯。控制點在測試初期(第 1 天) 每 2 小時檢測乙次，俟水質穩定後 A~C 點可停止檢測，且其餘由場內既設線上監測儀器監控即可。其中 B、D、E'、F' 及 I 點設有線上監測儀器。控制點及實驗相關之採樣點編號如圖 3。

(四)計畫執行步驟

- 1.實場測試第一天(變更加藥)設定為 DAY 0，並預計於星期一開始。
- 2.路竹淨水場復場穩定供水後(清水水質符合標準)，依據當時及實際操作情況計算實場測試之加藥量〔包含混凝劑加藥量、對照組(前加氯加藥量)、實驗組(延後加氯加藥量)〕。實驗前 3 天(DAY 0-3)(預定為星期五)採水樣檢測，做為改善前水質數據(對照組)。若阿公店水庫空庫防淤期後，路竹淨水場清水水質仍無法符合飲用水水質標準時，仍先進行實場測試計畫，惟測試期間之清水在符合飲用水水質標準前排出不得進入配水系統。
- 3.前項採樣完成後於 DAY 0(星期一)變更加

藥模式(預定為 8 點 30 分)，先於水庫取水站加酸調整 pH 值至約 6.0，於 A、B 及 D 控制點開始檢測水質，俟原水調節池 pH 值明顯下降後，隨即停止原水調節池之次氯酸鈉添加(若有臭味同時添加粉狀活性碳)。此時依據取水站原水抵達調節池進水口時間之 pH 值，再調整水庫取水站硫酸加藥量，控制進水口 pH 值至約 6.8，並開始其他控制點之監測。

- 4.停止於原水調節池添加次氯酸鈉 2 小時 30 分後(原水調節池+初沉池停留時間約 3 小時 30 分)，開始嚴密監測初沉池出水之餘氯值及濁度並記錄(控制點監測持續)，同時依據濁度變化，開始調整聚氯化鋁添加量。
- 5.停止於原水調節池添加次氯酸鈉 4 小時後(原水調節池至沉澱池約 5 小時)，監測沉澱池出水餘氯(F' 點)並記錄，並開始於延後加氯點添加次氯酸鈉(加藥量 ≤ 2.0 mg/L)。持續監測並調整次氯酸鈉加藥量至穩定(餘氯量 F 點 ≤ 2.0 mg/L)為止。

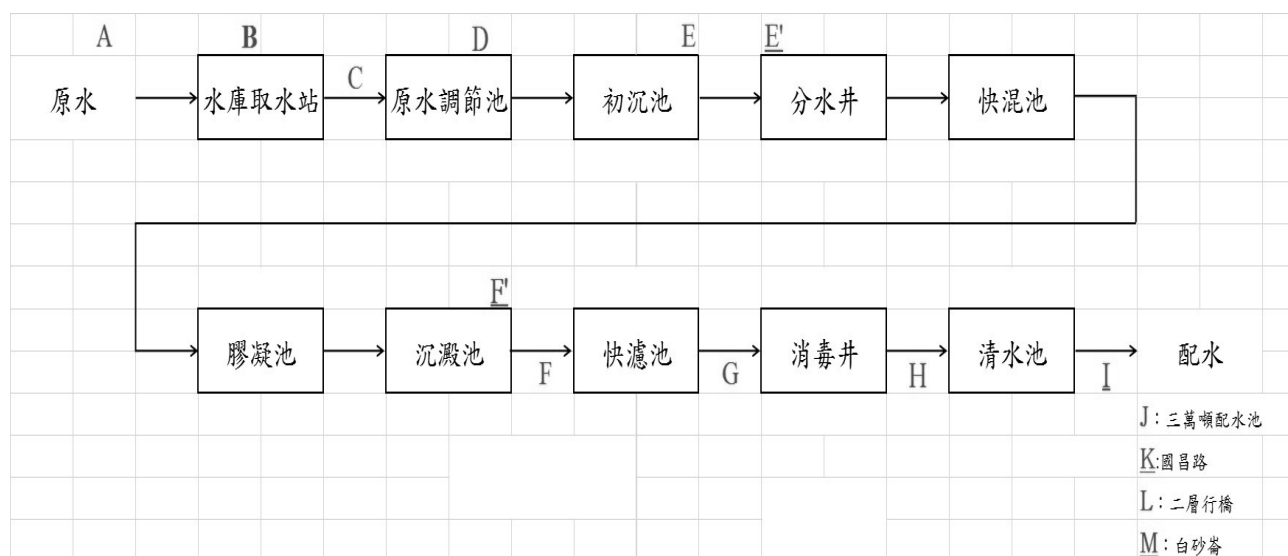


圖 3 實驗相關之採樣點編號



- 6.停止於原水調節池添加次氯酸鈉 5 小時後，監測快濾池出水餘氯並記錄，並開始調整消毒井次氯酸鈉加藥量(加藥濃度不超過 0.5mg/L，以 I 點餘氯不超過 1.0mg/L 為限)。
- 7.本測試計畫設有控制點檢測清水池進水之濁度及餘氯是否符合本公司水質規範，若無符合再依現場狀況調整前端加藥模式至符合規範。
- 8.若水質無法調整至符合規範致影響供水品質時應立即停止測試恢復原操作模式。
- 9.穩定後隔日(DAY 1)約上午 10 時採水樣，做為改善後水質數據(實驗組)。之後 DAY 2、DAY 3 及 DAY 4 約上午 10 時再採樣 3 天(總共 4 組實驗組數據) 做為改善後水質數據。
- 10.DAY 4 採樣完成後，由原水取水站停止加酸步驟開始依序恢復至原操作模式(若清水水質良好則維持延後加氯模式，停止加酸即可)，避免因持續加酸，致使 LSI 過低，原水管線有腐蝕的情況發生。

四、實場測試運作情形

(一)Day(0-3)(11 月 25 日)

1.確認加酸設備加藥量

現場以自來水自加藥機排氣閥加入加藥管線內測試，流量約為 90L/hr。依據前置作業酸用量計算，預估加藥量需 84.4L/hr 可達預定 pH 值(6.0)。

2.確認線上監測儀器與攜帶式檢測儀器之差異

線上監測儀器及攜帶式檢測儀器檢測值需進行檢校，而攜帶式監測儀器當日亦請於檢測前於實驗室先行校正，如表 3。

3.酸曲線再確認

以當日原水(pH 值=7.8)再進行滴定實驗，依據 12%硫酸滴定結果，所需加酸量為 95.6L/hr(如 4-1 式計算)，滴定曲線如圖 4。所需藥量比前置作業預估多，係因為當日原水 pH 值比之前實驗時要高，惟因現場加藥機流速限制因素，且量差異不大，故採原滴定量(84.4L/hr)為實驗加藥量。

$$6 = -8.8817x + 7.3621 \quad 4-1 \text{ 式}$$

$$x = 0.153 \text{ (ml) (60\%硫酸添加量)}$$

$$0.153 \text{ (ml/2L)} * 30,000 \text{ (m}^3\text{/day)} = 2,295 \text{ (L/day)} = 95.6 \text{ (L/hr)}$$

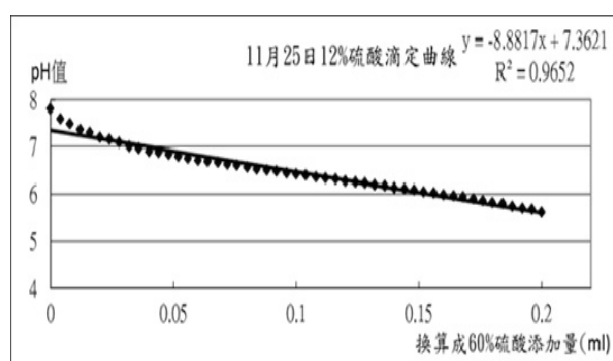


圖 4 12%硫酸滴定曲線(11 月 25 日)

(二)Day0(11 月 28 日)

1.8 時 50 分於取水站開始加酸，加藥速率經測量為 84L/hr，出水量為約 3 萬 2,000CMD。

2.取水站線上監測儀器 pH 值穩定在 6.3 一段時間(9 時 20 分)後前往原水管中途排氣閥檢測 pH 值、濁度及比導電度。檢測值如表 4，取水站原水管線至中途排氣閥約為 5 公里，自取水站加酸開始到排氣閥 pH 值穩定約需 3 小時。

3.確認工作分配及流程演練上午 10 時先行檢測場內控制點，並 12 時起加強調節池之檢測頻率。至 16 時 40 分原水調節池 pH 值明顯變化，開始停止原水調節池之次氯

酸鈉添加。

4.加酸之原水已穩定進入淨水場內並確認線上監測儀器正常運轉，後續水質觀察交由中控室監控。因停止前加氯，故觀察總沉澱池後餘氯，俟餘氯明顯下降後隨即啟動後加氯設備。當日 21 時沉澱池出水餘氯

開始下降，至 21 時 30 分監測到餘氯值為 0.009 即開始啟動延後加氯設備。

5.延後加氯量設定為 1ppm，且觀察快濾池出水餘氯，確認快濾池出水仍保有餘氯，若快濾後無餘氯則增加延後加氯點之加氯量。後續由中控室監控水質。

表 3 11 月 25 日各控制點監測值

控制點	A	B	D			E'				
	分水工	取水站	原水調節池			分水井(加混凝劑後)				
檢項 時間	pH	pH	濁度	pH	比導電 度	濁度	pH	餘氯	比導電 度	
11:30	7.53	7.54	17.8	(8.45)	357.9	21.1	7.28	1.66	386.3	
16:30 控制點			18.8	7.83	357.3	29	7.40	0.93	379.3	
控制點	F'				F		G			
	沉澱池後出流				沉澱池後		快濾池後			
檢項 時間	濁度	pH	餘氯	比導電 度	pH	餘氯	濁度	pH	餘氯	比導電 度
11:30	3.16	7.32	0.67	383.4			0.081	7.39	0.10	383
16:30 控制點	2.07	7.49	0.89	384.5			0.22	7.57	0.38	384.9
16:30~ 8:00 (採樣)					7.75	0.70				
控制點	H		I				J			
	清水池前		清水池後				配水點 (高架水塔)			
檢項 時間	pH	餘氯	濁度	pH	餘氯	比導電 度	pH	餘氯		
11:30			0.086	7.53	0.64	384.4				
16:30 (控制點)			0.10	7.51	0.60	389.5				
16:30~18:00 (採樣)	7.74	0.63		7.93	0.58		7.92	0.15		



(三)Day1(11 月 29 日)

約上午 10 時依實驗組採樣及檢測項目採集水樣檢測。

(四)Day2(11 月 30 日)

- 1.約上午 10 時依所列實驗組採樣及檢測項目採集水樣檢測。
- 2.中午 12 時結束本次實場測試，現場仍保持取水站加酸至藥劑使用完，淨水流程維持延後加氯。

五、結果與討論

(一)實驗數據彙整如表 5 及表 6。

(二)數據討論

以下針對各實驗測項討論：

1.pH 值：

實場測試期間，原水 pH 值約在 7.8-8.0 間(圖 5 A 點)，於取水站降低 pH 值至約 6.1-6.4 間，經過原水導管至場內 pH 值回升至約 6.6(圖 5 F 點)。J 點(配水池)pH 值變化不大，推論可能原因是因為本次試驗所產出

之清水尚未將配水池內之清水完全置換，故 J 點水質變化不大。

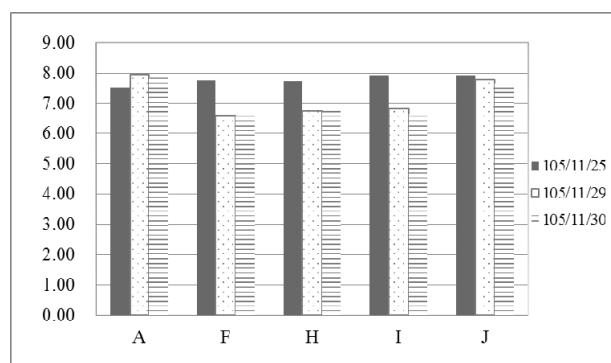


圖 5 實場測試 pH 值變化

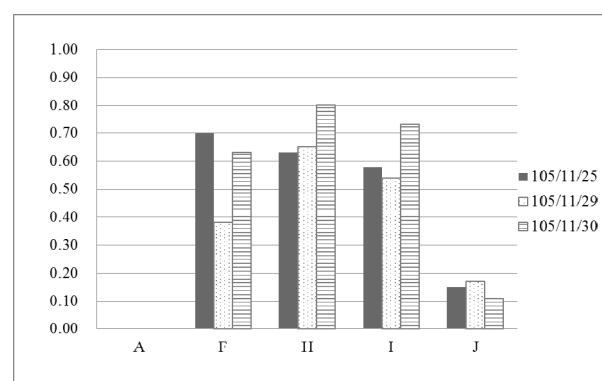


圖 6 實場測試餘氯變化圖

表 4 取水站及原水管中途排氣閥控制點數值

時間	pH 值	濁度	比導電度
B 點(取水站)			
08:45	7.99(實測)/7.88(監測)	16.0	345.0
09:20	6.3(監測)	—	—
C 點(原水管中途排氣閥)			
10:20	8.00	16.2	343
11:20	7.86	15.7	—
11:35	7.66	—	—
11:40	7.15	—	—
11:55	6.70	—	375
12:30	6.61	15.7	373
13:40	6.51	15.7	379.5

備註：1. 取水站 8:45 水溫為 24.7℃。

2. (實)表示以手持簡易型儀器測量；(監)表示為線上監控儀器讀值；未標註皆為簡易型儀器測量值。

3. 12 時至 12 時 30 分每 5 分鐘測量一次 pH 值，分別為 6.67、6.65、6.63、6.63、6.66、6.64、6.61。

表 5 實場驗證水質檢測結果彙整表

採樣日期	採樣點	水溫	pH	濁度	餘氯	臭度	總有機碳	NPDOC	鹵乙酸	總三鹵甲烷
單位		℃	無因次	NTU	mg/L	初嗅數	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
105.11.25	A	28.0	7.53	15.20	—	3	2.0	1.9	—	—
105.11.25	F	27.0	7.75	1.24	0.70	—	1.4	—	—	—
105.11.25	H	27.2	7.74	—	0.63	—	1.3	—	0.0662	0.0652
105.11.25	I	27.1	7.93	0.05	0.58	<1	1.2	—	0.0451	0.0614
105.11.25	J	27.0	7.92	—	0.15	—	1.1	—	0.0441	0.0491
105.11.29	A	25.0	7.95	17.20	—	3	2.2	1.9	—	—
105.11.29	F	23.2	6.60	1.02	0.38	—	1.0	—	—	—
105.11.29	H	25.1	6.76	—	0.65	—	1.0	—	0.0169	0.0164
105.11.29	I	25.2	6.83	0.06	0.54	<1	1.0	—	0.0184	0.0231
105.11.29	J	25.4	7.78	0.20	0.17	<1	1.2	—	0.0394	0.0595
105.11.30	A	24.6	7.86	15.50	—	3	2.3	2.1	—	—
105.11.30	F	24.7	6.61	1.08	0.63	—	1.0	—	—	—
105.11.30	H	24.7	6.75	0.19	0.80	—	1.2	—	0.0116	0.0146
105.11.30	I	24.7	6.65	0.13	0.73	<1	1.0	—	0.0146	0.0139
105.11.30	J	27.0	7.65	0.10	0.11	<1	1.1	—	0.0281	0.0524

備註：1. —：為未檢測

2. NPDOC：Non-Purgeable Dissolved Organic Carbon 非氣提溶解性有機碳

表 6 實場驗證水質檢測結果彙整表(續)

採樣日期	採樣點	總鋁	總錳	硫酸鹽	柱胞藻毒	微囊藻毒	UV ₂₅₄	陸源/微生物源指標	SUVA	AOC
單位		mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	cm ⁻¹	無因次	L/mg-m	μg acetate-C/L
105.11.25	A	0.501/0.198*	0.032/ND*	43.8	ND	ND	0.0682	1.76	3.589	109.9
105.11.25	F	—	ND	—	—	—	0.0246	1.69	1.756	58.1
105.11.25	H	—	—	—	—	—	0.0218	2.10	1.674	343.8
105.11.25	I	0.096	0.013	43.7	ND	0.127	0.0175	2.68	1.455	339.0
105.11.25	J	—	—	—	—	—	0.0190	2.09	1.730	93.1
105.11.29	A	0.587/0.150*	0.019/ND*	43.6	ND	0.166	0.0654	2.03	3.444	63.3
105.11.29	F	—	0.014	—	—	—	0.0210	2.07	2.099	359.2
105.11.29	H	—	—	—	—	—	0.0261	2.00	2.613	758.1
105.11.29	I	0.114	0.027	96.8	ND	ND	0.0217	2.28	2.171	221.2
105.11.29	J	—	—	—	—	—	0.0271	2.19	2.261	97.0
105.11.30	A	0.559/0.205*	0.015/ND*	44.6	ND	ND	0.0717	1.93	3.416	57.9
105.11.30	F	—	0.011	—	—	—	0.0215	1.79	2.152	150.4
105.11.30	H	—	—	—	—	—	0.0214	1.92	1.787	704.8
105.11.30	I	0.010	0.024	105.4	ND	ND	0.0237	1.89	2.368	114.5
105.11.30	J	—	—	—	—	—	0.0271	1.81	2.465	77.1

備註：1.*：為溶解態

2. —：為未檢測

3. 藻毒：世界衛生組織(WHO)建議值為<1 μg/L

4. SUVA：Specific Ultraviolet Absorbance 比紫外光吸收度

5. AOC：Assimilable organic carbon 生物可利用之有機碳

2.餘氯：(彙整如圖 6)

自清水池前端(H)至清水出場前(I 點)顯示在清水池內會消耗部分餘氯，但是並不明顯(<0.1 mg/L)。清水在出場前仍有 0.5mg/L 以上的餘氯，惟在配水點餘氯僅約 0.1mg/L，推測可能原因是因為本次試驗所產出之清水尚未將配水池內之清水完全置換，且清水在園區配水池內停留時仍持續消耗餘氯所致。建議以後操作須注意出場後之耗氯情況。

3.鋁：(彙整如圖 7)

清水鋁含量為本次試驗重點改善的項目之一，由表 6 可見原水中鋁含量主要為顆粒鋁。經過降低 pH 值後，清水總鋁約在 0.1mg/L，11 月 30 日之測值更遠低於 0.1mg/L，顯見調整 pH 值對於清水鋁含量之控制成效良好。

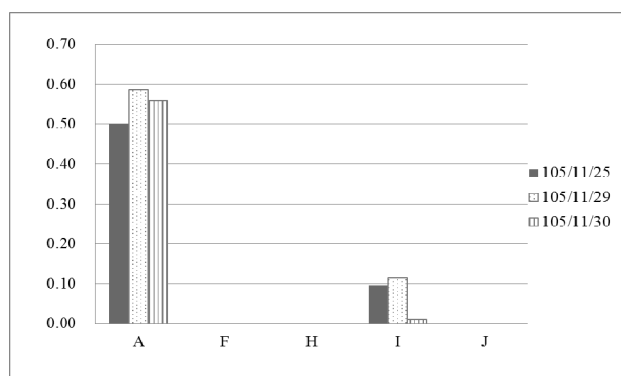


圖 7 實場測試總鋁變化圖

4.錳：因本次原水錳濃度不高，故本次數據僅參考用，不予討論。

5.TOC：(彙整如圖 8)

TOC 去除率為本次試驗重點改善的項目之一，因本淨水場原水為水庫水，TOC 含量較一般地面水高。一般淨水流程對於 TOC 之去除效率有限，本次預計以降低 pH 值加

強混凝之方式，冀能增加水中 TOC 之去除效率。

由實驗數據可見，沉澱池(F 點)出水濁度有略為降低(1.24 降為 1.02)。原淨水流程 TOC 之去除率為 40%，在加強混凝後提升至約 55%。有此可見，加強混凝之 TOC 去除效率比原淨水流程好，TOC 變化如圖 8 所示。

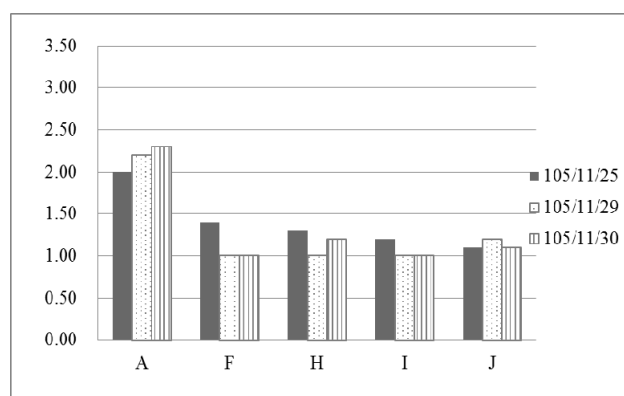


圖 8 實場測試 TOC 變化圖

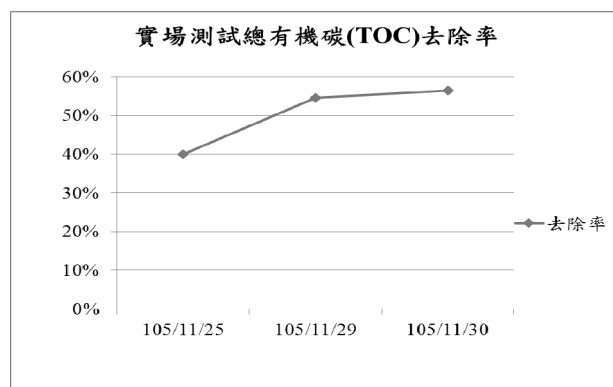


圖 9 實場測試 TOC 去除率

6.鹵乙酸 HAAs：

HAAs 為本次試驗重點改善的項目之一，原淨水流程因前加氯而造成消毒副產物三鹵甲烷(THMs)及 HAAs 偏高。本試驗延後加氯後，由數據可見(彙整如圖 10)，試驗前後之清水(圖 10 I 點)HAAs 分別為 0.0451 mg/L 與 0.0184 mg/L，可大幅減低消毒副產物之形成。

配水點(J 點)為科學園區配水池，依園區用水量估算，清水停留時間大於 2 天。J 點之 HAAs 較清水出場後之值高，推測為清水出場後仍耗氯並產生 HAAs，惟數值仍較原淨水流程低。11 月 30 日 HAAs 值較 29 日低，推測為水池內清水漸漸被改善測試後之清水取代後變佳。

7.總三鹵甲烷 TTHMs：

TTHMs 為本次試驗重點改善的項目之一，其變化情形及改善成效如 HAAs 項目所述。彙整如圖 11。

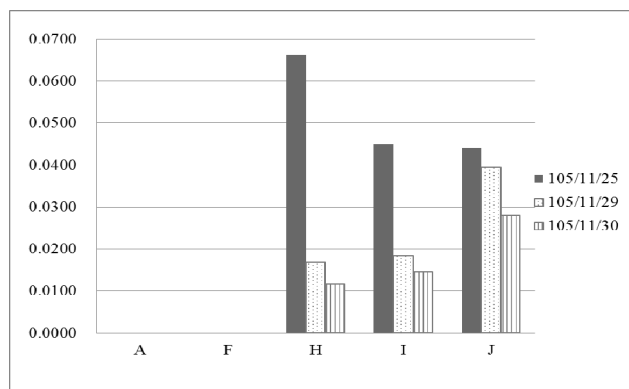


圖 10 實場測試 HAAs 變化圖

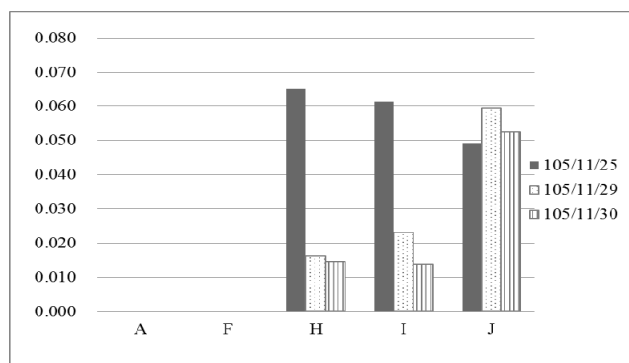


圖 11 實場測試 TTHMs 變化圖

8.SUVA 值：

SUVA 分析，可看出水中水溶性腐植質或非腐植質親水性分子之分佈情況。水溶性腐植質較容易於淨水流程中被去除，反之，

非腐植質親水性分子較不易去除。

由數據整理如圖 12 所示，經過加氯破壞有機物組成結構後，有機物降解為較難去除之“以非腐植質親水性小分子量為主，如黃酸物質”。該物質難以傳統加藥混凝沉澱處理將其去除，另可能衍生成為耗氯物質，為耗氯主因之一。而本次原水分析結果有機物組成較偏於“疏水性與親水性混合為主”，混凝成效屬中等。

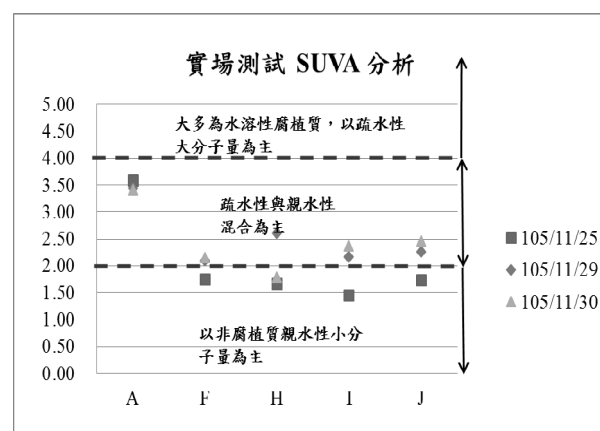


圖 12 實場測試 HAAs 變化圖

9.生物可利用碳(AOC)

表 7 及圖 13 為 AOC 監測結果。整體原水 A 點與配水點 J 點於測試前後較無明顯變動，較明顯變動者為清水池前 H 點，由 343.8 μg acetate-C/L 提高至 704.8-758.1 μg acetate-C/L，沉澱池之出水端 F 點 AOC 亦明顯測試組高於對照組，分別為 58.1 μg acetate-C/L 提高至 150.4-359.2 μg acetate-C/L。常況時水中有機物會被生物分解，但也會導致水中藻類滋生，而藻類繁殖茂盛時，AOC 值隨之升高，然經混凝沉澱處理後，即可減少 AOC 值，如圖 13 所示。上述測試組較高於對照組，原因可能為加氯所造成，對於氧化劑氯而言，加氯可使 AOC



值增加，因氯之氧化及親電子之取代反應 (electrophilic substitution)，將難分解有機物轉換為生物可利用之基質。氧化程序，無論是加臭氧或加氯，因可將大分子有機物分解成小分子之有機物，此類物質易被微生物利用，故 AOC 值隨之升高。

AOC 於配水管網系統中隨距離的增加有下降之趨勢，配水系統中有消毒劑存在時，異營性細菌生存能力較低，但若 AOC 之起始濃度較高，則離場愈遠，管網系統中之總生菌落數會增加，而 AOC 濃度則隨之下降。AOC 降低的原因，可能是由細菌在管

壁生長形成生物膜利用水中 AOC 所致，但以 AOC 之濃度並不能預言生物膜的形成速率或生成潛能，生物膜之生成潛能與配水管之管材和管徑也有關係。

六、結論與建議

(一)本文以淨水場水質改善實場試驗之過程，說明實驗規劃、先期實驗、事前準備、實驗控制點安排、應變處置、結果判讀及綜合分析等，藉此提供一份完整的試驗計畫與執行，雖然有別於一般論文著重於結果的討論，而由實務技術性的探討提供了經驗分享。

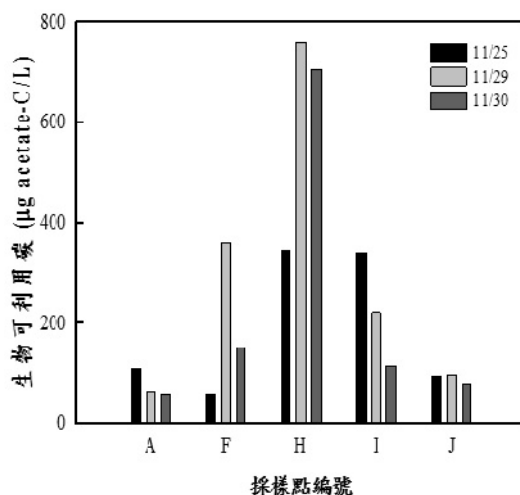


圖 13 AOC 監測結果圖

表 7 AOC 監測結果

採樣點	11/25 (對照組)	11/29 (day 1)	11/30 (day 2)
原水(分水工)(A 點)	109.9	63.3	57.9
沉澱池之出水端(F 點)	58.1	359.2	150.4
清水(清水池前)(H 點)	343.8	758.1	704.8
清水(清水池後)(I 點)	339.0	221.2	114.5
配水點(科學園區內 3 萬噸水池)(J 點)	93.1	97.0	77.05

備註：單位為 $\mu\text{g acetate-C/L}$

(二)因本淨水場為運行中的淨水場，就實驗的整體過程都不能影響正常供水，因此，對於先期試驗結果的分析非常重要而且趨於保守，經過反覆的驗證及確認後，才交付事前準備工作，經過操作、工務及水質等專長分工及會議的研商，確認及再確認是必要的程序。

(三)本次試驗系就清水鋁含量偏高、消毒副產物偏高及 TOC 偏高等問題進行設計，首先以加硫酸將原水 pH 調至 6.8，進行加強混凝增加 TOC 去除率，並調整鋁為顆粒態以增加沉澱及過濾的去除率；其次原位於原水調節池端添加次氯酸鈉(前加氯)調整於沉澱池出水端(中間加氯)，原規劃位置系作為前氧化並抑制臭味，但因與氯接觸時間長，衍生大量消毒副產物。因此，本試驗僅就操作程序進行調整，並未進行工程改善。

(四)經過整體試驗程序，有如下的結果:

- 1.自取水站添加酸劑使原水 pH 值降至約 6.0，惟經過原水導管至場內又回升到 6.8，且依 LSI 計算有腐蝕管線之疑慮，應將加酸設備移至淨水場內添加。
- 2.TOC 由 2.2mg/L 降至 1.0mg/L 去除率可達 50%。
- 3.延後加氯能有成效減少消毒副產物之產生，總三鹵甲烷由 0.065mg/L 降至 0.020，鹵乙酸由 0.055mg/L 降至 0.015mg/L，降減效果非常明顯。
- 4.調整 pH 值能降低清水鋁含量至 0.1 以下，符合公司內規及環保法規標準。
- 5.SUVA 值 3.5 降至 1.8，表示疏水性 TOC 被移除轉換為親水性。
- 6.觀察到生物可利用碳(AOC)在淨水程序，甚

至是配水系統會隨著變化增減，發現氧化作用與生物作用交替影響。

(五)因延後加氯，故場內有藻類滋生之疑慮，未來應於部分設備加蓋，減少藻類於場內生成。

(六)應定期製作(修正)加酸曲線，以利更準確掌握 pH 值變化情況及藥劑添加量。

作者簡介

陳文祥先生

現職：台灣自來水公司水質處 組長

專長：自來水規劃、效能評估、營運管理及策略管理

江信佑先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處 工程員

專長：環境工程、淨水操作及管理

李坤益先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處 股長

專長：機電工程、淨水操作及管理

楊景然先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處 課長

專長：水質分析、淨水操作

兩點式相關儀現場評比實測作業

文/林子立、蘇隆盛、何英魁、唐天原、吳堂伯

一、前言

2015(民國 104)年台灣發生 1947(民國 36)年以來最嚴重的乾旱，許多縣市進入二階段、三階段的限水，2015 年 3 月 23 日上午 10 時石門水庫蓄水率僅剩 20%，桃園市、新北市及苗栗縣工業大用水戶減供水量 10%，桃園市、半個新北市更自 4 月 8 日起實施供水 5 天停 2 天。

2015 年 03 月下旬電視與新聞媒體更大肆報導：「全台 5.9 萬公里管線，只靠 67 人徒步抓漏，沒錢沒設備，水公司還用三十年前那一套…台水的測漏員還在用聽音器等測漏「古法」…更目睹了一場現代「水巫」，用「尋龍尺」找漏水…」。

二、問題背景

其實，台水檢漏前輩早在 31 年前，即 1985(民國 74)年就引進了當時國際上相當尖端且先進，由日本富士(圖 1；LC-1000 型；撥配七區檢修隊)及日昌晝(JEK-42B 型；撥配一區檢修隊)公司等兩款改良的「兩點漏水相關儀」。



圖 1 1985(民國 74)年日本富士公司 LC-1000 兩點漏水相關儀

該儀器肇始於 1976(民國 65)年英國自來水研究所(Water Research Centre W.R.C.)結合電子科技，完成的「相關式漏水探知裝置」。

1980(民國 69)年法國 Metravib 公司和英國 W.R.C.技術合作，將電算機(Calculator)技術導入上述原形機內，開發一嶄新儀器謂「漏水音相關檢出器(兩點漏水相關儀)」(Acoustic correlation)。

1981(民國 70)年日本富士公司亦和英國 W.R.C.技術合作，引進該儀器和技術，並針對現場作業之需要，將硬體(Hardware)加以改良，予以感知(Sense)無線電化，並導入微電腦(micro computer)裝置；軟體(Software)方面，則修改充實現場處理程序(procedures)，使處理程式(processing programs)更能適應現場環境條件之需求，而開發出另一前進產品謂「相關式漏水探知裝置」(Leak noise correlater)

台水八區檢修隊於 1986(民國 75)年間陸續向前述第一、七區商借「兩點漏水相關儀」實測，於試用後確值得引進應用，並撰寫「漏水音相關性在檢漏上之探討(The applications of leak sound correlativity in leak surveys)」研究報告一篇，遂於 1988(民國 77)年引進英國 PLAMER 公司進階的「兩點漏水相關儀」(圖 2)。

但是，該前二家公司 1985(民國 74)年所引進儀器的軟體判讀解析能力、英文且尚非友善的操作介面、和台灣的特殊環境等等因素，使操作者對偏高的「漏水點誤判率」產

生排斥，僅八區檢漏同仁持續的使用，並於 2000(民國 89)年(圖 3)及 2009(民國 98)年陸續引進英國 Primayer 公司的進階版及次一代的儀器。



圖 2 1988(民國 77)年英國 PLAMER 漏水相關儀



圖 3 2000(民國 89)年英國 Primayer 漏水相關儀

隨著科技的進步，國際上各家檢漏儀器製造商陸續開發出來的偵漏儀器，包括噪音紀錄器 (Noise log) 及多點漏水相關儀 (Multi-Point correlation system)，台水的檢漏者皆持續的使用著，如 2005(民國 94)年引進 HWM 公司的 PermaLog 噪音紀錄器，只是未廣泛的普遍採用。

三、現況分析

近年科技進步及電子設備模組化，兩點漏水相關儀的主機體積已類如掌上操作的小型化，強大及快速的運算解析能力及具 IP65 的防水等級，更可於雨中操作 (圖 4)，甚至可藉雲端網路的傳輸至原廠伺服器運算解析 (圖 5)，再由使用者依網址進入查詢解析結果 (圖 6)。



圖 4 可於雨中操作具 IP65 的漏水相關儀

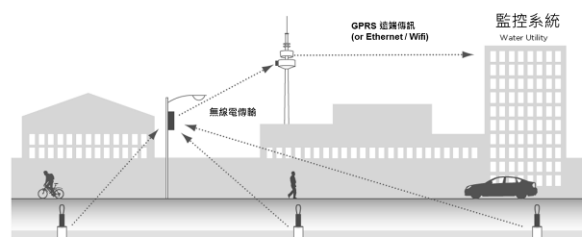


圖 5 雲端網路的多點漏水相關儀作業模式

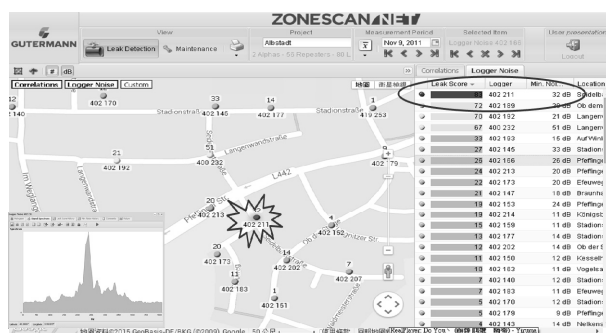


圖 6 使用者依網址進入查詢解析結果

由於受到 2015(民國 104)年的嚴重大旱及當時媒體暨上級長官對既有偵漏設備的批評，台水為引進可有效偵出無法明視的地下漏水案件，並配合現場實務操作，摒棄具網路功能的儀器，僅採用具現場能即時解析判讀的機種，且價格相對低廉的「兩點漏水相關儀」，於當年 9 月展開長達 1 年多的「異質最低標」採購案。

在各家廠牌漏水相關儀 PK 戰場的尋覓方面，以動員轄下資深檢漏隊員，於既有的台中 14 小區及東勢市區覓測，並檢出多處的地下漏水點，足供驗證各家儀器的漏水點準確度。

在採購作業方面，則廣邀在台灣有代理商的多家國際知名大廠，參與規範研商並投入標案與進入現場的 PK 大賽，部分參賽者得知台水舉辦具國際級的「偵漏儀器 PK 大賽」，更有由原廠指派技師前來競賽，而大部分的國際大廠皆能符合現場要求的條件，進入價格戰，得標廠商為展現其國際規模及插旗台灣地區，遂以原廠特惠超低價得標，於 105 年 11 月始完成採購案。整個購案過程備極辛勞，僅以本文及過程紀實分享，提供未來有意採購者參考。

四、作業紀實

本案共邀集在國內各有代理商的八家國際大廠參與，即瑞士 GUTERMANN、德國 Seba KMT、英國 HWM、英國 Primayer、加拿大 Echologics、德國 SEWERIN、以色列 Aquarius pectrum、日本 FUJI 等。為加速採購進度，採儀器規範與現場覓點、開挖驗證，雙軌進行。

(一)儀器規範與審標

於 104 年 9 月邀請相關廠商開立各自的

儀器規格並報價，經開會研商儀器規範，並依台水公司需求，於 105 年 5 月完成上網公告，共 7 家參與投標，6 月底完成審標，計 6 家廠商得以進入現場 PK 大賽。

(二)現場檢測覓點

104 年 8 月指定轄下資深檢漏隊員，於既有的台中 14 小區執行夜間檢測，雖有檢出地下漏水數件，惟因水壓偏低 0.1~1.05；平均僅 0.57kg/cm²，及在開挖驗證的程序上，於市區內屬漏水未上冒的地下漏水，恐路權單位拒絕或延遲核准開挖而作罷。

復於 104 年 9 月轉戰東勢市區，執行漏水檢測，成果豐碩，檢出數十件地下漏水案。當地水壓在 1.1~2.34；平均 1.73kg/cm²，以檢出多處的地下漏水點，除屬小管線的漏水可陸續修復外，保留三件隨機抽供現場 PK 大賽。

嗣 2016(民國 105)年 6 月完成審標，準備進入現場 PK 大賽，復經 7 月再邀集檢漏人員最後確認試場漏水點之可靠度，卻發現第一案地下漏水處已遭廠所修復，複測確認已無漏水，經詢係 \$ 100mm-PVCP 漏水上冒成地面漏水，經用戶報案完成修復。

遂取第二案，測漏器複測現場亦已無漏水音，經查係用戶已無水壓可用水，報經廠所，雖漏水未上冒，惟修漏監工初判漏水位置並開挖，係 \$ 20mm 接合管穿孔大漏水。再取第三案(台中市東勢區本街第五橫街至匠寮巷管段；\$ 150mm、DIP、133 公尺)，幸漏水音尚存。

為避免晝間競賽，車輛來往及尖峰用水干擾，遂採夜深人靜、幾無車輛及用戶舒眠無用水的凌晨時段 PK 實測。同年 8 月 1 日下午舉開實測說明會，21:00 於台中石岡豐原

淨水場前集合後，6 家廠商共同前往測試場所，於現場抽籤決定廠商進場實測順序，過程如下：

- 1.每家廠商給予 1 小時的現場實測（圖 7），包括進行兩只捕音探頭浸水 10 分鐘，以測試其 IP 水密性（圖 8）。
- 2.其後安放測長 133 公尺兩端的捕音器，拍照存檔，再反覆執行相關儀自動偵測。
- 3.最後，取可靠度最高之儀器所示峰值（圖 9），距兩端捕音探頭的距離存檔並登錄書面記錄、簽名，即完成現場實測。
- 4.於兩日內作成書面報告，送達台水。

六家廠商實測於 21:30 至翌日 01:10，歷時 3 小時 40 分鐘完成，僅 1 家主機儀器無法顯示漏水峰值，共 5 家廠商進入下階段的開挖評比。

(三)準確度開挖驗證

- 1.規範訂定實際漏水點的 ± 2 公尺為有效範圍（約 $\pm 1.5\%$ ），逾限則喪失最後的價格標。8 月 9 日經逐一標示廠商之註記漏水點於開挖範圍之外側，以供初始目視比對。



圖 7 各家廠商，互相切磋、觀摩實測

- 2.經開挖驗證，係 $\phi 20\text{mm}$ 接合管連體管套節折斷（圖 10），經量測相對漏水距離，僅一

家逾限，俟漏水點修復後，再請該逾限廠家進行複測，確認已無其他漏水點，餘四家則均在 ± 2 公尺的有效範圍內，進入價格標。



圖 8 捕音探頭浸水測試 IP 水密性

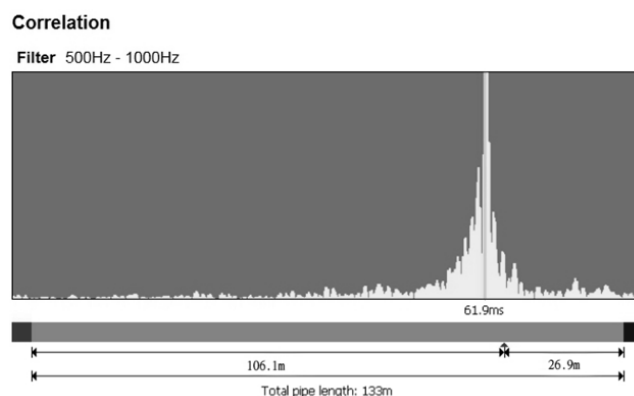


圖 9 兩點漏水相關儀自動偵測



圖 10 $\phi 20\text{mm}$ 接合管連體管套節折斷

(四)價格競標

本案最低承包價，較次低價再減少 22.5%、且更低於底價 70%，顯然該廠牌為插旗台灣，以亞洲區特惠推廣優惠價競標成功，於 105 年 10 月 26 日完成採購四套案，同時節省了台水相當多的購案經費。

五、結論

兩點漏水相關儀從 1976(民國 65)年開發，迄 2017(民國 106)年已有 40 年的發展歷史，各家國際大廠的解析判讀軟體，在歐美、日本等已開發國家，具適足的供水條件下，對漏水點已有相當高的準確度。

惟漏水音的頻率依周圍之土壤、道路路面、管種以及土壤之含水情況等種種條件而有大幅變化。故在實務操作上，台水與歐美、日本等先進國家的做法仍然相同，即漏水相關儀所判讀出來的漏水點，仍需藉由 1935(民國 24)年第一個獲得專利之地下管線漏水聽音器的進階測漏器，來加以複測及鑽探確認，再予以開挖修復。

顯然，從普通聽音棒實際「聽」到的地下漏水「原音」、到由抽取出「看」到棒體流動的附著「清水」，才是可信賴的漏水點。

參考文獻

- 1.漏水音相關性在檢漏上之探討(The applications of leak sound correlativity in leak surveys) ,1987, 王炳鑫
- 2.檢漏作業技術與實務, 2015, 王炳鑫

作者簡介

林子立先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程師

專長：分區計量管理與診斷及漏水檢測

蘇隆盛先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處操作課技術士

專長：竊水偵檢、分區計量診斷及漏水檢測

何英魁先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處操作課技術士

專長：分區計量診斷及漏水檢測

唐天原先生

現職：台灣自來水公司第十二區管理處操作課技術士

專長：分區計量診斷及漏水檢測

吳堂伯先生

現職：台灣自來水公司第十二區管理處操作課技術士

專長：分區計量診斷及漏水檢測

本刊新增「自來水廠(所)的一天」單元

「自來水廠(所)的一天」，提供自來水基層廠(所)的工作現況，增進社會各界對自來水服務層面之認識，以激勵自來水基層單位士氣，並留下歷史印記，含照片每篇最多六頁(3000 字以內)，歡迎踴躍投稿。

便民服務多元化—自來水地理資訊整合與應用

文/陳輝哲、黃騰宏

一、前言

臺北市的城市願景是希望將臺北市打造成一座「宜居城市」，為了實現這個願景，臺北市政府（以下簡稱北市府）正積極運用智慧科技，逐步推動「智慧城市」，提升市政服務水準，滿足市民需求，為此，配合北市府推動智慧城市建設，提供 24 小時全年無休無所不在政府服務，臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）致力於提供市民網路創意服務內容，尋找自來水管線地理資訊系統(Geographic Information System, GIS) 與各項為民服務應用結合的可能，如市民所關心停水資訊、今日施工資訊及與生命安全高度相關的消防資訊，期與北水處地理資訊整合應用，提高為民服務績效。

另近年來全球氣候急遽變遷，災害型態異於往昔，104 年 8 月侵襲臺灣的蘇迪勒颱風來襲，新店溪上游流域強降雨，致集水區坡地崩塌、邊坡滑落，造成南勢溪原水濁度大幅飆升至 39,300NTU，1 萬 NTU 以上期間長達 12 小時；接連又遭遇杜鵑颱風侵襲，大量表土含動植物之腐植酸等有機物隨豪大雨冲刷而下，以致原水中夾雜大量細微且不易沈降顆粒，致期間原水濁度最高亦達 22,800NTU，1 萬度以上遞延時間(14 小時)歷年來最久，造成淨水處理極大困擾的白濁水，遠遠超出北水處淨水設備處理能力，致無法正常出水，嚴重影響民眾生活，同時也嚴重威脅自來水事業取水設施之安全與穩定，對此，為確保自來水系統整體之效能，北水處已持續推動自來水設施整備，強化自

來水供水系統，以達成供水穩定與水質安全之永續經營目標。

為確保用水穩定與安全，除政府與全民共同參與「平時節水」外，災前儲水更是防災基本功，尤其每當颱風來襲，往往帶來豐沛雨量，不僅考驗各地防災與供水，更打亂民眾生活作息，當發布颱風陸上警報，除防颱措施外，如何整合資源，籲請大家配合儲水備用，為當務之急。因應災害（地震、枯旱、暴雨、原水高濁度、供水設施事故等）發生停水、減壓供水期間，提供民眾查詢即時相關資訊，包括

- (一)建置圖形化供水資訊網頁，輸入所在位置，即時查詢所在地供水狀態、減壓或停水範圍，更可快速查詢到鄰近緊急取水站、臨時供水站或學校供水站位置，便利方便就近取水使用。
- (二)為擴大供水狀態查詢服務，功能擴充至每日顯示服務，民眾輸入地址，可定位查詢所在地之施工資訊、停水資訊及各加壓站減供停水資訊。

本文針對市民所關心的停水、減壓資訊、今日施工資訊、消防資訊，探討北水處如何透過網路推動地理資訊整合與應用，提高為民服務績效。

關鍵字：地理資訊系統 (GIS)、防災應變、圖形化供水資訊

二、資訊整合與應用

(一)停水地理資訊化查詢服務

1.平時

- (1)停水查詢服務：從早期人工於用戶門口張

貼停水通知單，到推動 e 化時期，由網站公告停水文字訊息，北水處總是以民眾角度出發，不間斷地演化服務，目前已將停水案件，建置停水訊息地理資訊化服務，取代過去文字訊息，將停水區域範圍，運用地理資訊系統(GIS)技術，以視覺化方式直接顯示於地圖上(圖 1)，讓民眾可以透過電視、電腦或智慧行動裝置查詢停水資訊，使用戶能快速了解停水範圍。



圖 1 北水官網圖像化停水範圍資訊

(2)增設停水地址定位查詢：北水處重大施工須進行大範圍停水時，由於影響戶數及停水時間相對較長，致民眾詢問電話不斷，導致客服來電爆滿，客服人員需逐一比對民眾地址，再回報民眾住家是否落於停水範圍內，故急需有效快速查詢系統供民眾及客服使用，為有效紓解客服電話詢問量及提昇客服效率，增設地址定位查詢(圖 2)，提供輸入地址查詢是否落於停水區內，讓客服及民眾可以完整掌握各項工程時間、地點(區段)、停復水資訊，改善服務效率，有效紓解客服電話詢問量，精進為民服務成果。



圖 2 北水官網停水增設地址定位查詢

(3)跨機關服務資源共享：配合北市府 SOA(Service-Oriented Architecture，服務導向架構)架構推展，開發建置停水資訊共享元件，透過共享元件，即時與市府或其他機關系統資料介接，如建置北水處停水資訊共享元件(停水地點及相關資訊之 WebService)，以達減化作業流程，提高服務效率，並協助相關機關業務推動。目前市府愛台北市政雲(圖 3)及消防局等單位，已完成介接北水處停水案件資料；另與中華電信合作，將北水處停水資訊刊登於中華電信 MOD 平台，提供民眾查詢，強化公共服務效能。如此跨機關服務資源共享模式，使系統資料交換更為簡單易行，且產生簡化作業、提升服務品質等多重績效。在市府「以市民為中心的市政服務、服務導向的資訊建設應用」架構下，持續配合推動各項市政應用服務，除提供市民透過各種行動通訊設備，如平板電腦、智慧型手機快速便利查詢停水資訊外，亦將配合北水處簡訊平台建置，主動貼心以簡訊通知，提升為民服務品質績效，創新加值服務，使停水服務更為精進。



圖 3 市府愛台北市政雲停水資訊

2.災時

建置圖形化供水資訊網頁專區，輸入所在位置，即時查詢所在地供水狀態、減壓或停水範圍，更可快速查詢到鄰近緊急取水站、臨時供水站或學校供水站位置，便利民眾方便就近取水使用（圖 4）。

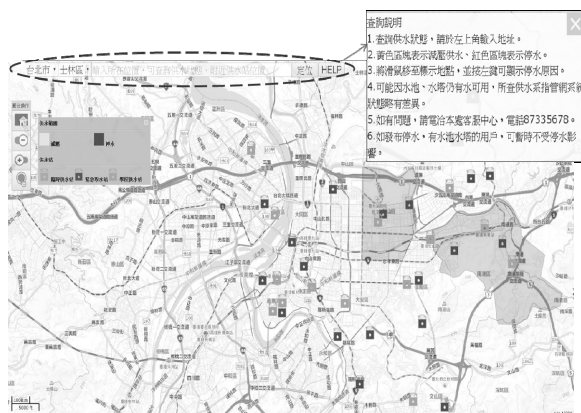


圖 4 北水官網災時圖像化供水資訊

(二)今日施工資訊查詢服務

1.民眾除關心住家附近是否停水外，也經常致電客服詢問住家附近是否有施工，為滿足民眾查詢需求，及減少客服話量，故開發今日施工查詢網頁，提供民眾及客服人員查詢今日施工資訊，除改善客服人員服務效率，亦有效紓解客服中心電話詢問量，也再次擴展北水處為民服務的應用。

2.施工資訊地理資訊化查詢服務：為提供民眾高度視覺化查詢之優質服務，北水處善用網路資源，引用 GeoServer 為圖台加值開發「施工資訊」、「停水資訊」查詢機制（圖 5），不僅圖檔瀏覽速度外，且能供民眾透過各種行動設備便利查詢使用。

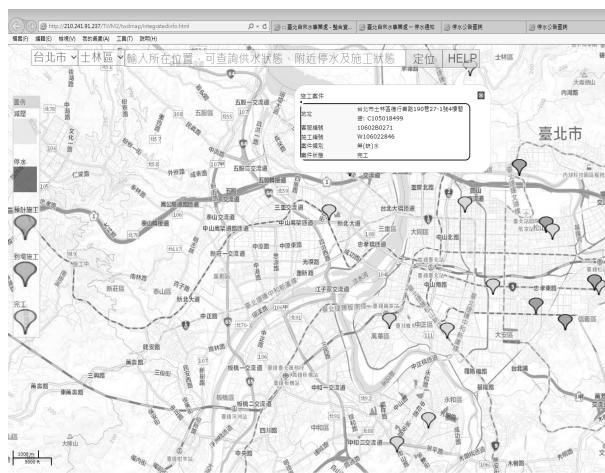


圖 5 北水官網之施工及停水資訊

(三)消防資訊服務

1.消防栓簡易查詢服務

針對臺北市、新北市之北水處轄區消防栓點位，於北水處網站提供簡易查詢服務，民眾只要輸入地址即可查詢周邊消防栓資訊，並結合 360 度街景瀏覽功能，讓民眾有效確認消防栓點位，提升消防栓點位判別，以利於消防救災（圖 6）。

2.跨機關介接服務

(1)消防栓報修與管理

北水處辦理消防栓建置及管理維護業務，現行轄內消防栓計 3 萬餘只（臺北市 21,688 只、新北市 9,164 只），分為地上式和地下式 2 種形式，如果損壞或遭埋沒，將嚴重妨礙消防救災使用，對市民的生命財產安全造成莫大威脅，因此建立完善報修系統及提升消防栓修妥率有其必要性。



圖 6 北水官網消防栓簡易查詢服務

由於北水處為消防栓建置及維護單位，北市府消防局為使用單位，其雙方系統就消防栓資料維護的一致性，可有效降低報修時雙方認知不同，提升報修速度；同時藉由資料共享，增進消防局消防栓點位資料正確性，可強化市民安全。因此，為簡化及改良業務執行方式，北水處積極與消防局溝通聯繫，進行消防栓資料整合，考量其與消防單位間對於消防栓之管理維護作業未建置同項溝通代碼，致故障修復案件偶有重複報修，或對消防栓座落之報修地點認知不同，有影響救災時效之虞，且雙方辦理點交、巡查及維修通報等作業，仍以人工（透過電話或傳真）方式處理，管理程序繁瑣耗時且易形成疏漏。

為此，北水處透過 E 化改變消防栓點交、報修作業，並藉由即時資訊，精進維護管理方式（圖 7），使消防單位與北水處能及時掌握消防栓現況與案件處理進度，節省雙方人力、時間支出，並確保消防救災能量，達到北水處、消防單位與民眾三贏的最大效益。精進作為包括：建立雙方共同語言、通報維修自動介接、點交資料自動拋轉。



圖 7 北水處與消防局報修介接架構

(2) 停水資訊介接

為使消防單位掌握北水處停水訊息，以 webservice 方式，將北水處停水訊息拋轉至消防局派遣系統，當消防局火災案件經派遣系統定位後，自動比對案發地點是否落於停水、減壓區域內，可預先規劃配置，適時提醒 119 人員注意，提升救災效率，保障人民財產安全。

三、執行成效

善用內外資源，精進現有系統及強化管理機制，擴展便民措施及跨機關、跨系統多元化的整合運作，達成事半功倍的成效。

(一) 外部效益－全面提升服務水準

1. 建立停水公告作業 E 化，提供便民服務之目標：用戶由原先停水文字訊息查詢，躍進到視覺化的停水範圍 GIS 圖面顯示，其優質地理訊息之服務，讓民眾清楚的知道停水施工案件地點及影響範圍相對位置，有助於民眾對於資訊了解及研判。
2. 開放多元訊息接收管道：除目前可由北水處外部網站查詢相關資訊外，更以 Web Service 服務介接方式，讓「愛台北市政雲」、中華電信 MOD 等可介接北水處停水資訊服務，提供民眾無論是在家裡、辦公室或是在戶外場地，只要透過電視、電腦或智慧型行動裝置查詢停水資訊，達成資

訊公開透明之目標。

- 3.跨機關係統整合運用：以 web service 介接之方式，將資料提供臺北市政府消防局 119 智慧型消防勤務輔助派遣系統，在民眾報案時，管制台之執勤員立刻得知是否為停水之警戒區域內，可加強水車之調派，有效爭取應變處置時間，提升救災效率。

(二)內部效益－導入新技術創新加值應用

- 1.停水公告作業資訊透明化，流程管控環環相扣：透過 E 化，提升行政效率，停水作業申請案由原來 2 至 3 天降為 0.5 至 1 天，作業效率提升，並使資料更易管控，達成資訊透明化，節省大量紙張，且由於內部作業公文簽核時效的改善，使得北水處停水公告的時間可大幅提早，亦達成節能省碳之功。
- 2.加速客服服務效能：停水資訊公開透明，北水處所有客服人員均可查詢相關資料，當民眾打電話詢問住家停水時，客服人員均可快速查獲相關停水資訊，由於採用視覺化呈現停水區域，可讓客服人員做正確及快速判斷，增進為民服務品質。

(三)提昇市府及機關形象

- 1.行銷地理資訊成果，提昇北水處為民服務形象：透過北水處推廣，相關施工停水及消防栓資訊查詢服務，使民眾感受及分享北水處地理資訊建設成果。
- 2.跨機關合作，提昇機關形象：配合市府 SOA 架構推展，開發建置停水資訊共享平台元件，透過共享平台元件，即時與市府或其他機關係統資料介接，如建置北水處停水資訊共享元件(停水地點及相關資訊之 WebService)，以達減化作業流程，提高服務效率並協助相關機關業務推動。目前市

府資訊局開發之 Fun 臺北網，已完成介接北水處停水案件資料，整合提供相關服務予市民。如此跨機關服務資源共享模式，使系統資料交換更為簡單易行，且產生簡化作業、提升服務品質等多重績效。

四、結論

北水處已持續推動自來水設施整備，強化自來水供水系統，以達成供水穩定與水質安全之永續經營目標，目前除已著手評估由北勢溪設置專管計畫，確保用水穩定與安全，更需仰賴全民共同發揮平時節水、災前儲水。為擴大供水狀態查詢服務，北水處結合地理資訊整合各項為民服務之應用，包括市民所關心的停水資訊、今日施工資訊及與生命安全高度相關的消防資訊等，透過官網網頁，民眾只要輸入地址，即可定位查詢所在地之施工資訊、停水資訊及各加壓站減供停水資訊，於災時更可快速查詢到鄰近緊急取水站、臨時供水站或學校供水站位置，便利方便就近取水使用。另配合內政部消防署整合相關維生設施災情資訊，業於 106 年 5 月「臺北市政府資料開放平台」提供 KML，供消防署介接於災害應變管理系統(EMIC)，除提供指揮官指揮調度外，亦提供民眾能於單一網站了解受災情形影響範圍、預計修復時間及相關連絡資訊，方便民眾搜尋。

另考量消防栓損壞或遭埋沒，將嚴重妨礙救災使用，對市民生命財產安全造成莫大威脅，因此建立完善報修系統及提升消防栓修妥率，為當務之急，其中北市府消防栓報修介接已於 106 年 1 月 1 日上線，新北市亦於 106 年 7 月 15 日上線，全面推動 2 市合作，使消防栓管理更加完善。

誌謝

本報告之完成感謝北水處技術科科長時佳麟先生大力建議與指導。

參考文獻

1. 臺北自來水事業處網頁 (<http://www.water.gov.taipei/>)。
2. 臺北市防災資訊網 (<http://www.eoc.gov.taipei/EOC/>)。
3. 臺北市政府資料開放平台 (<http://data.taipei/>)。

作者簡介

陳輝哲先生

現職：臺北自來水事業處技術科三級工程師

專長：自來水工程、地理資訊管理系統

黃騰宏先生

現職：臺北自來水事業處技術科股長

專長：自來水工程、水資源及環境工程

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

中華民國 105 年 8 月 26 日第十八屆第八次理監事聯席會議審議通過

一、目的

為鼓勵本會會員踴躍發表自來水學術研究及應用論文，以提升本會會刊研究水準，特設置本項獎勵辦法。

二、獎勵對象

就本會出版之一年四期「自來水」會刊論文中分「工程技術」、「營運管理」、「水質及其他」等類別，分別評定給獎論文，每類別以 2 篇為原則，每篇頒發獎狀及獎金各一份，獎狀得視作者人數增頒之。

三、獎勵金額

論文獎每篇頒發獎金新臺幣壹萬元整，金額得視本會財務狀況予調整之。

上項論文獎金及評獎作業經費由本會列入年度預算籌措撥充之。

四、評獎辦法

(一) 凡自上年度第二期以後至該年度第二期在本會「自來水」會刊登載之「每期專題」、「專門論著」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，每類別推薦 3-4 篇候選論文，再將該候選論文送請專家學者審查 (peer-review)，每篇論文審查人以兩人為原則。

(二) 本會編譯出版委員會主任委員於每年七月底前召集專家學者 5~7 人組成評獎委員會，就專家審查意見進行複評：

1. 評獎委員以無記名投票，每類別論文勾選至多 2 篇推薦文章，每篇以 1 分計算，取累計分數較高之論文，至多 2 篇，為該類給獎論文。

2. 同一類別如有多篇文章同分無法選取時，以同分中專家審查總分數高低排序，分數再相同，則由評獎委員以無記名投票方式決定。

(三) 選出給獎論文，報經本會理監事會議通過後公佈。

五、頒獎日期

於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

自來水事業配合政府新南向政策研析

文/謝東穎、楊碧變

摘要

亞洲東協及南亞國家等新興市場國家於近年於全球經濟產業重要性漸增，臺灣身處亞太地區的重要成員，與東協及南亞等國於科技、觀光、教育、勞工、文化等多重領域習習相關。故行政院依總統發布「新南向政策」政策綱領，提出「新南向政策推動計畫」，將全方位發展與東協、南亞及紐澳等國家的關係，促進區域交流發展與合作。

台水公司自民國 63 年度成立經營迄今，每日供水量不斷增加，至 2015 年已達 854 萬 CMD，於全球都屬規模龐大且經驗豐富之自來水事業。但公司目前營業範圍都局限於國內，人才及技術未推廣及國際化殊為可惜，未來可配合政府新南向政策，分析對外投資或合作之契機及可行性。

本研究分析調查新南向政策夥伴國家之自來水接管率、其他可取得安全水源比率、安全飲用水比率、未接自來水人口數、無法取得安全水源人口數、平均每人國民所得及雙邊貿易總金額等資料，建議優先可調查及接觸合作之國家為印尼、越南、印度、菲律賓及孟加拉等，並提供投資建議以供後續決策參考。

關鍵詞：新南向政策、台水公司、投資分析

一、計畫緣起

全球經濟產業變化迅速，各區域經貿整合及競爭加劇，亞洲東協及南亞國家等新興市場國家於近年迅速崛起，臺灣亦為亞太地

區的重要成員，經濟發展與前揭國家具有高度相關性，包含了科技、觀光、教育、勞工、文化等多重領域，故東協國家已居我國第二大出口市場與第二大對外投資目的地。

政府面對區域經貿整合趨勢及整體對外經貿策略考量，行政院依總統發布「新南向政策」政策綱領，提出「新南向政策推動計畫」，將全方位發展與東協、南亞及紐澳等國家的關係，促進區域交流發展與合作，同時也打造臺灣經濟發展的新模式，創造未來價值。

台水公司自民國 63 年度成立，經營至今已逾 43 年，2015 年平均每日供水量達 854 萬 CMD，供水人口為 1787 萬人，轄有 27 個給水廠、40 個服務所、57 個營運所、1 個管理所^[1]，於全球都屬規模龐大且經驗豐富之自來水事業。但公司目前營業範圍都於國內，人才及技術未推廣及國際化殊為可惜，未來可配合政府新南向政策，對外尋求合作以增加公司經營商機。

二、文獻回顧

(一)新南向政策夥伴國家

新南向政策夥伴國家（以下簡稱南向夥伴國家）包含東協 10 國、南亞 6 國及紐澳等 18 個目標國家，東協 10 國包含新加坡、馬來西亞、泰國、菲律賓、印尼、汶萊、越南、寮國、緬甸、柬埔寨（如圖 1）。南亞 6 國為印度、斯里蘭卡、孟加拉、尼泊爾、不丹、巴基斯坦（如圖 2）。另二國為澳洲及紐西蘭。^[2]

圖 1 東協 10 國位置圖^[2]圖 2 南亞 6 國位置圖^[2]

(二)新南向政策工作主軸

政府「新南向政策推動計畫」^[3]分為四大工作主軸，分別為「經貿合作」、「人才交流」、「資源共享」及「區域鏈結」，尋求與前揭 18 個目標國家建立策略性夥伴關係，共創區域的發展和繁榮。以下摘錄該四大工

作主軸內容中自來水事業可配合參與項目，整理詳如表 1：

三、南向夥伴國家基本資料分析

南向夥伴國家共 18 國，但各國之地理環境、國情、自來水營運現況等皆不相同，可由幾項重要參數來瞭解其狀況，本報告由世界衛生組織（WHO）、聯合國兒童基金會（UNICEF）^[4]及政府^[2]相關等網站收集各項評估數據分析如下：

1. 自來水接管率（piped onto premises）：可由公共給水系統取得安全飲用水之比率。
2. 其他可取得安全水源比率（other improved source）：未有公共給水系統，但民眾可取得其他安全且被保護水源如水井、泉水或雨水等之比率。
3. 安全飲用水比率（Access to safe drinking water）：本項指可取得改善之飲用水水源之人口比例，其水源包含公共給水系統、被保護之水井、泉水或雨水等。故本比率為「自來水接管率」加「其他可取得安全水源比率」。
4. 總人口數（萬人）：由聯合國資料取得之各國 2015 年總人口數。
5. 未接自來水人口數：由（總人口數）乘（1－自來水接管率）計算而得，其表示該國尚未裝接自來水之人口數，亦表示為該國自來水市場商機。
6. 無法取得安全水源人口數：由（總人口數）乘（1－安全飲用水比率）計算而得，其表示該國無法取得安全水源之人口數，亦即表示為該國裝接自來水之急迫性。
7. 平均每人國民所得：由經濟部取得各國 2015 年平均每人國民所得，該值係指「國

民所得」除以「年中人口總數」而得之「商數」，用來代表平均每一國民生產能力。平均每人國民所得越高，則其民眾接用自來水之意願及能力越高。

8. 雙邊貿易總金額：係指各國與本國之間 2015 年度之進出口貿易總金額，兩國間貿易總金額越高，表示雙方經濟交流活絡，

官方及民間關係密切，可運用之資源較多，與該國投資合作之風險較低。

本報告由以下各參數來分別探討南向夥伴國家自來水發展現況，其中汶萊因資料不全，且人口較少（42 萬人），不列入評估：
（一）「自來水接管率」、「其他可取得安全水源」、「安全飲用水比率」參數分析：

表 1 新南向政策推動計畫與自來水事業相關內容彙整表

序號	四大工作主軸摘錄內容 ^[3]	本研究整理自來水事業參與內容
一	經貿合作： 擴大與夥伴國產業供應鏈整合、內需市場連結及基建工程合作，建立新經貿夥伴關係。其中基建工程合作內容為成立基礎建設及整廠輸出之海外輸出協作平臺，籌組電廠、石化、環保等基礎建設輸出旗艦團隊，尋求與第三國廠商策略聯盟。	基礎建設團隊：自來水工程為每國不可或缺之基礎建設，政府倘出面籌組基建工程之旗艦團隊，台水公司之自來水淨水場、淨水技術、管網系統建置及管理，都可參與為整廠或模組輸出。
二	人才交流： 強調以「人」為核心，深化雙邊青年學者、學生、產業人力的交流與培育，促進與夥伴國人才資源的互補與共享。其中產業人力內容針對來臺從事專門性或技術性工作的外籍移工，建立評點制度，合格者可延長居留年限，並鼓勵參與技職培訓與報考證照；強化雙向專業人力交流，並簡化來臺申辦程序，強化人才供需媒合，協助國內企業尋才。	專業人材交流：台水公司可與南向標的國家之官員、自來水事業或相關承包廠商，建立專業及技術之交流機制。並可於台水公司籌設之自來水訓練園區代訓其技術人員。
三	資源共享： 運用文化、觀光、醫療、科技、農業、中小企業等軟實力，爭取雙邊及多邊合作機會，提升夥伴國生活品質，並拓展我國經貿發展縱深。其中科技部分內容為建置科技交流平臺，強化科學園區及法人跨國鏈結，推動智慧災防等技術交流。	智慧災防技術：台水公司曾經歷 921 大地震、納莉風災、敏督利風災及莫拉克颱風等天然災害所造成之停水，累積不少災防之經驗及應變模式，可與夥伴國進行技術交流或合作。
四	區域鏈結： 擴大與夥伴國的多邊與雙邊制度化合作，加強協商及對話，同時善用民間團體、僑民網絡及第三國力量，共同促進區域的安定與繁榮。 1. 區域整合：積極和東協主要貿易夥伴與印度洽簽 ECA 或個別經濟合作項目；更新及強化已簽訂的雙邊投資及租稅協定，並建立重大事件預警及應變機制，有效掌握可能風險。 2. 策略聯盟：調整援外資源配置，完善援外推動機制，擴大業者參與當地國經建計畫；強化臺日官方及非官方合作平臺功能，並建立臺星經貿合作平臺，與第三國協力進軍東協、南亞及紐澳市場。	1. 投資協定： 政府與南向夥伴洽簽經貿或投資協定時，配合列入自來水事業項目，並爭取合宜的租稅條件。 2. 策略聯盟： 配合政府援外資源及其機制，列入自來水基礎建設規畫，擬定可行之商業投資計畫。另可與第三國如日本或新加坡等水務企業共同合作，共同開發市場。



以上三項指標，可將新南向政策夥伴國大致分為四類，分述如下：

1.第一類國家：自來水接管率達 90%以上，且安全飲用水比率亦接近 100%，其屬已開發且較為先進之國家，台水公司應可與其進行技術及人材交流為主。詳如表 2。

表 2 第一類國家資料表

國家	自來水接管率%(1)	其他可取得安全水源比率%(2)	安全飲用水比率%(3)=(1)+(2)
新加坡	100	0	100
紐西蘭	100	0	100
澳大利亞	100	0	100
馬來西亞	96	2	98

2.第二類國家：自來水接管率達 40%~50%以上，而其他未接管民眾幾乎都可取得其他安全水源，安全飲用水比率達 90%以上。詳如表 3。

表 3 第二類國家資料表

國家	自來水接管率%(1)	其他可取得安全水源比率%(2)	安全飲用水比率%(3)=(1)+(2)
不丹	58	42	100
泰國	57	41	98
菲律賓	43	49	92

3.第三類國家：自來水接管率達 20%至 40%之間，大部分未接管民眾亦可取得其他安全水源，安全飲用水比率達 90%以上。詳如表 4。

4.第四類國家：自來水接管率未達 30%，有接近 13%~24%民眾無法取得安全飲用水。詳如表 5。

表 4 第三類國家資料表

國家	自來水接管率%(1)	其他可取得安全水源比率%(2)	安全飲用水比率%(3)=(1)+(2)
巴基斯坦	39	52	91
斯里蘭卡	34	62	96
印度	28	66	94
越南	27	71	98
尼泊爾	24	68	92

表 5 第四類國家資料表

國家	自來水接管率%(1)	其他可取得安全水源比率%(2)	安全飲用水比率%(3)=(1)+(2)
寮國	28	48	76
印尼	22	65	87
柬埔寨	21	55	76
孟加拉	12	75	87
緬甸	8	73	81

(二)「總人口數(萬人)」、「未接管自來水人口數(萬人)」及「無法取得安全水源人口數(萬人)」參數分析：

因各國的總人口數相差甚大，僅以接管率等參數比較無法全面評估其市場量，故再進行「未接管自來水人口數(萬人)」及「無法取得安全水源人口數(萬人)」分析。

「未接管自來水人口數(萬人)」計算結果詳如表 6，前五名國家分別為印度、印尼、孟加拉、巴基斯坦及越南。

「無法取得安全水源人口數(萬人)」計算詳如表 7，前五名國家分別為印度、印尼、孟加拉、巴基斯坦及緬甸。

表 6 各國未接用自來水人口數排名表

排名	國家		總人口數（萬人）	未接管自來水人口數(萬人)
1	印度	India	128,239	92,332
2	印尼	Indonesia	25,570.9	19,945
3	孟加拉	Bangladesh	16,041.1	14,116
4	巴基斯坦	Pakistan	18814.4	11,477
5	越南	Viet Nam	9338.7	6,817
6	菲律賓	Philippines	10,180.3	5,803
7	緬甸	Myanmar	5,416.4	4,983
8	泰國	Thailand	6740.1	2,898
9	尼泊爾	Nepal	2844.1	2,162
10	斯里蘭卡	Sri Lanka	2,161.2	1,426
11	柬埔寨	Cambodia	1,567.7	1,238
12	寮國	Laos	702	505
13	馬來西亞	Malaysia	3065.1	123
14	不丹	Bhutan	77.6	33
15	新加坡	Singapore	561.9	0
16	澳洲	Australia	2392.3	0
17	紐西蘭	New Zealand	459.6	0

表 7 各國無法取得安全水源人口數排名表

排名	國家		總人口數（萬人）	無法取得安全水源人口數(萬人)
1	印度	India	128,239	7,694
2	印尼	Indonesia	25,570.9	3,324
3	孟加拉	Bangladesh	16,041.1	2,085
4	巴基斯坦	Pakistan	18814.4	1,693
5	緬甸	Myanmar	5,416.4	1,029
6	菲律賓	Philippines	10,180.3	814
7	柬埔寨	Cambodia	1,567.7	376
8	尼泊爾	Nepal	2844.1	228
9	越南	Viet Nam	9338.7	187
10	寮國	Laos	702	168
11	泰國	Thailand	6740.1	135
12	斯里蘭卡	Sri Lanka	2,161.2	86
13	馬來西亞	Malaysia	3065.1	61
14	不丹	Bhutan	77.6	0
15	新加坡	Singapore	561.9	0
16	澳洲	Australia	2392.3	0
17	紐西蘭	New Zealand	459.6	0



(三)「平均每人國民所得」參數分析：

經調查「平均每人國民所得」詳如表 8，前五名國家為澳洲、新加坡、紐西蘭、斯里蘭卡及馬來西亞，其他國家國民所得多僅於 1000~3000 美元之間。

(四)「各國與我國雙邊貿易總金額」參數分析：

與我國雙邊貿易總金額調查結果詳表 9，前七名分別為新加坡、馬來西亞、越南、泰國、菲律賓、印尼及澳洲，其他國家與我國之貿易較低。

四、投資標的國家分析

台水公司應聚焦資源於有商機之新南

向政策夥伴國家，故須縮小範圍以選出適合之投資標的。但下列國家較無投資商機或具政治、人身安全高風險性，先予排除，原由分述如下：

(一)自來水接管率達 9 成以上，且安全飲用水比率幾達 100%之國家：其自來水基礎建設已十分成熟，較無可投入市場利基，分別為新加坡、紐西蘭、澳大利亞及馬來西亞。

(二)地處內陸交通運輸不便，且其安全飲用水比率達 90%以上之國家：不丹、尼泊爾。

(三)國家人口數少且缺乏自來水相關資料者：汶萊（人口數僅 42 萬人）。

表 8 各國「平均每人國民所得」排名表

排名	國家		平均每人國民所得(U.S.)
1	澳洲	Australia	56,328
2	新加坡	Singapore	49,001
3	紐西蘭	New Zealand	39,703
4	斯里蘭卡	Sri Lanka	11,200
5	馬來西亞	Malaysia	9,291
6	泰國	Thailand	5,547
7	印尼	Indonesia	3,377
8	菲律賓	Philippines	2,891
9	越南	Viet Nam	2,028
10	寮國	Laos	1,785
11	巴基斯坦	Pakistan	1,429
12	孟加拉	Bangladesh	1,361
13	緬甸	Myanmar	1,334
14	柬埔寨	Cambodia	1,238
15	印度	India	1,164

註：「尼泊爾」及「不丹」因資料缺乏未列入分析

表 9 「各國與我國雙邊貿易總金額」排名表

排名	國家		雙邊貿易總金額(億元 U.S.)
1	新加坡	Singapore	243.67
2	馬來西亞	Malaysia	136.49
3	越南	Viet Nam	119.90
4	泰國	Thailand	95.97
5	菲律賓	Philippines	92.80
6	印尼	Indonesia	89.67
7	澳洲	Australia	89.14
8	印度	India	48.11
9	紐西蘭	New Zealand	12.79
10	孟加拉	Bangladesh	9.87
11	柬埔寨	Cambodia	7.44
12	巴基斯坦	Pakistan	6.52
13	斯里蘭卡	Sri Lanka	5.00
14	緬甸	Myanmar	2.70
15	寮國	Laos	0.17

註：「尼泊爾」及「不丹」因資料缺乏未列入分析

(四)政局不穩定且有風險之國家：巴基斯坦目前塔里班周旋而財政負擔沉重外，境內亦常發生自殺炸彈及汽車炸彈爆炸，傷亡慘重，也使政府疲於奔命，無力從事建設及發展經濟。另寮國目前仍處人治社會，貪污情事層出不窮，索賄情形嚴重。這二國都先予排除。

故目前而言，18 個新南向政策可聚焦為 9 個投資標的國家（以下皆簡稱「投資標的國家」），分別為泰國、菲律賓、斯里蘭卡、越南、印度、印尼、孟加拉、柬埔寨及緬甸。

後續將以下列 5 個參數探討投資標的國家之優先順序，參數為「自來水接管率」、「未

接用自來水人口數」、「無法可取得安全水源人口數」、「平均國民所得」、「雙邊貿易總金額」，參數之意義及重要性前已述明。投資標的國家之各項參數值變化詳如圖 3 至圖 7。

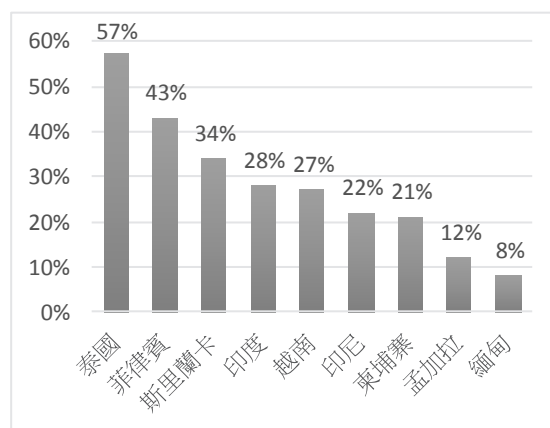


圖 3 投資標的國家「自來水接管率」

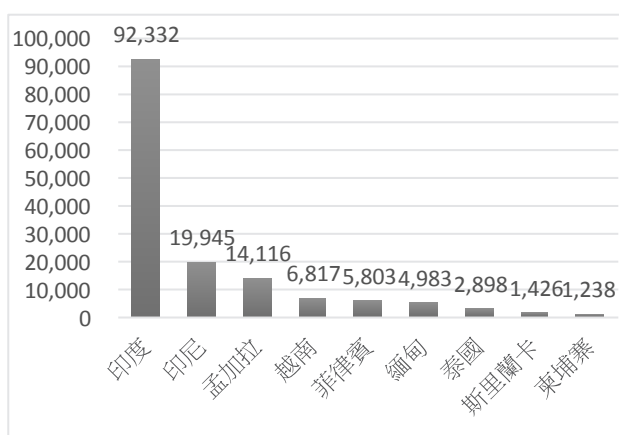


圖 4 投資標的國家「未接管自來水人口數(萬人)」

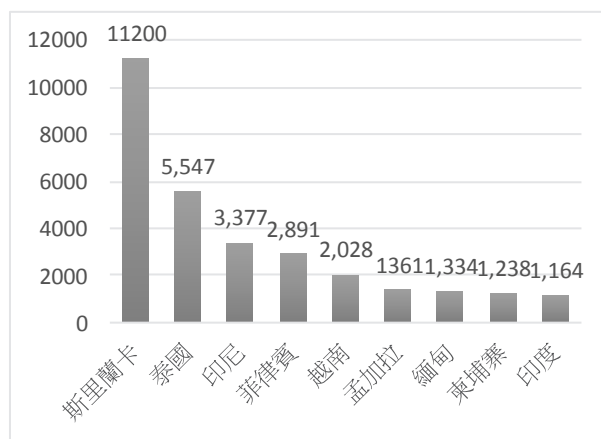


圖 5 投資標的國家「無法取得安全水源人口數(萬人)」

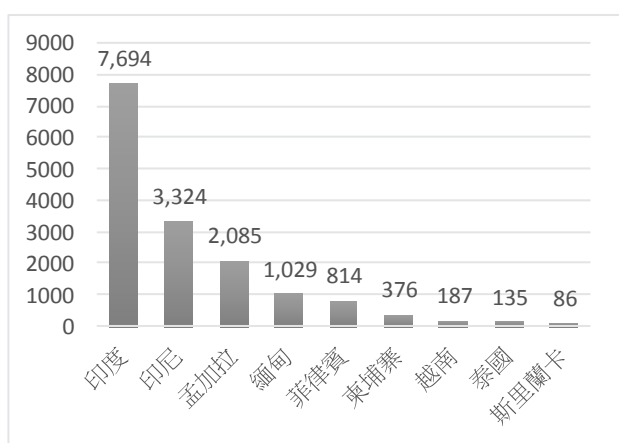


圖 6 投資標的國家「平均每人國民所得 U.S.」

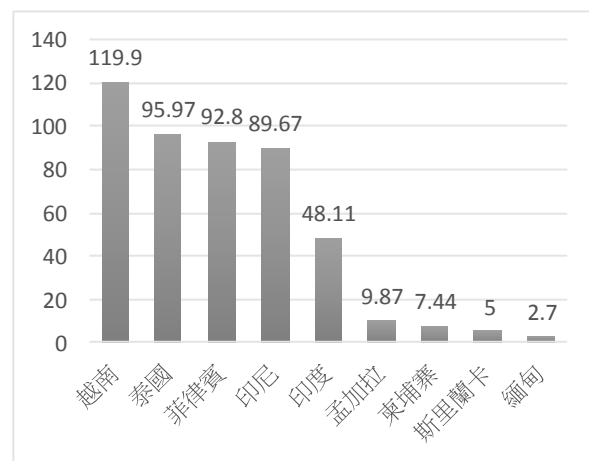


圖 7 投資標的國家「雙邊貿易總金額(億元 U.S.)」

表 10 投資標的國家各參數配分表

自來水接管率	配分	未接管自來水人口數(人)	配分	無法取得安全水源人口數(人)	配分	平均每人國民所得(元 U.S.)	配分	雙邊貿易總金額(元 U.S.)	配分
1%~10%	5	2 億人以上	5	5 千萬人以上	5	6000 美元以上	5	100 億元以上	5
11%~20%	4	1 億人~2 億人	4	1 千萬人~5 千萬人	4	3500~6000 美元	4	75~100 億元	4
21%~30%	3	5 千萬人~1 億人	3	5 百萬人~1 千萬人	3	2000~3500 美元	3	50~75 億元	3
31%~40%	2	2 千萬人~5 千萬人	2	2 百萬人~5 百萬人	2	1500~2000 美元	2	30~50 億元	2
41%以上	1	1 千萬人~2 千萬人	1	0~2 百萬人	1	1000~1500 美元	1	0~30 億元	1

表 11 投資標的國家總得分排名表

排名	國家	自來水接管率%	得分	未接管自來水人口數(萬人)	得分	無法取得安全水源人口數(萬人)	得分	平均每人國民所得(U.S.)	得分	雙邊貿易總金額(億元 U.S.)	得分	總得分
1	印尼	22	3	19,945	4	3,324	4	3377	3	89.67	4	18
2	越南	27	3	6,817	3	187	2	2028	3	119.9	5	16
3	印度	28	3	92,332	5	7,694	5	1164	1	48.11	2	16
4	菲律賓	43	1	5,803	3	814	3	2891	3	92.8	4	14
5	孟加拉	12	4	14,116	4	2,085	4	1361	1	9.87	1	14
6	泰國	57	1	2,898	2	135	2	5547	4	95.97	4	13
7	緬甸	8	5	4,983	2	1,029	3	1334	1	2.7	1	12
8	斯里蘭卡	34	2	1,426	1	86	1	11,200	5	5	1	10
9	柬埔寨	21	3	1,238	1	376	2	1238	1	7.44	1	8

由圖 3 至圖 7 可知，每個國家之優劣勢皆不同，如印度而言，其「未接管自來水人口數」及「無法取得安全水源人口數」最多，但「平均每人國民所得」又最低，故為整體均衡來評估其市場潛力，就各參數值予以配分，再檢視整體配分結果來排序投資標的國家之優先順序。各參數配分表詳表 10，評分結果詳如表 11。

故由總分排序，前五名的標的國家分別為印尼、越南、印度、菲律賓及孟加拉。其中印尼、越南及菲律賓之各項得分都較平均，印度跟孟加拉係因全國人口眾多，該項得分較高，但平均國民所得及雙邊貿易總金額得分較低，其得分係為二極化。由此亦可看出各國市場優勢及劣勢皆有很大的差異性。

伍、結論與建議：

(一)擇定南向政策標的國家：政府之新南向政策夥伴國家為 18 個，但各國的自來水建設成熟度及所處環境現況不同，全面性的詳查耗時且較無效率，本研究先挑

選以自來水接管率、未接管人口數、未取得安全水源人口數、每人國民所得及雙邊貿易總金額等重要因子分析，建議優先目標為印尼、越南、印度、菲律賓及孟加拉，第二階段目標緬甸、泰國、斯里蘭卡及柬埔寨。

(二)成立專責小組：台水公司可指派高階主管為主持人以推動本項業務。並應考量學習日本東京水道局成立東京自來水服務公司（TSS）模式，來承接海外自來水技術輸出業務。

(三)投資可行性研究：本報告係針對南向國家做初步評估，建議後續應委外對印尼、越南、印度、菲律賓及孟加拉等國進行地理、水資源、自來水系統、水質、自來水事業、法規、政策、政府主管單位等之詳細調查分析及可行性研究，以為台水公司基本資料庫及進一步決策參考。

(四)交流參訪：台水公司應評估組團至投資標的國家進行國際交流，以實際了解該國現況及商機所在，建立彼此溝通管

道，未來可即時交換訊息及需求。未來應多參與政府辦理援外、投資雙邊會議或活動，可適時參與爭取更多合作機會。

(五)可模組化輸出技術：在國際的水務市場，各國自來水業都有其優勢或強項，如日本強調其優異供水系統檢漏管理技術及高級淨水設備等，歐美國家強調其海淡技術等。但台水公司於此方面暫難與其競爭。但因台灣數十年來氣候變遷造成原水變化複雜，台水公司淨水場處理高濁度原水之技術及經驗豐富，其他國家實難相及，故此淨水場之規劃、設計技術輸出有其競爭力。另新開發區之供水系統規劃設計，台水公司亦有豐富之技術人才可予應用。

(六)國際化接軌：台水公司前述可模組化輸出之技術，內部並無將其整理成國際輸出之技術規範，如英文技術標準、契約等。故公司亦應提早培訓相關國際化之人力。另內部亦可再進行盤點整理其他可模組化輸出之工程或管理技術。

(七)代訓國際人材與交流：台水公司將於台南設立之「自來水員工訓練園區」，未來可代訓新南向國家之技術或管理人員，以利其瞭解本公司之技術能量，增加應用本公司技術機會。

(八)國家出面組成基礎建設團隊：基礎建設落後之國家，通常自身財務不寬裕，故會對外爭取援助或貸款。但開發國家對其財務援助或貸款時，亦綁定該國之廠商承攬。國際間已升級至國家團隊來整合競爭各項基礎建設大餅，故建議由政府出面結合各項資源，讓自來水事業參與海外市場。

(九)降低投資風險：各項投資都有其風險

性，基礎建設落後之國家，雖未開發之市場較大，但相對而言各種政治、法令、經濟、地域等風險亦較高。投入之人力或資金，都應在可接受的風險內，損失當不影響公司營運。日本在對越南之自來水淨水場投資案中，亦僅負責淨水場供水，不承擔水費收取之風險。故於台水公司初步階段，仍建議以提供技術服務為主，不涉及工程興建及設備營運。

(十)配合政府之新南向政策推動計畫內容推動各項工作：如前揭表二所列內容，可配合國家進度進行籌組基礎建設團隊、專業人材交流、智慧災防技術、簽定投資協定及策略聯盟等。

參考文獻

- 1.台灣自來水公司，104年統計年報，2017。
2. 經濟部國際貿易局新南向政策專網 [https://www.newsouthboundpolicy.tw/\(X\(1\)S\(f5yja glgt504tjvfve3lw3ut\)\)/PageDetail.aspx?id=7f239f30-3233-4ffc-a476-e3e716dcc07b&pageType=SouthAsia&AspxAutoDetectCookieSupport=1](https://www.newsouthboundpolicy.tw/(X(1)S(f5yja glgt504tjvfve3lw3ut))/PageDetail.aspx?id=7f239f30-3233-4ffc-a476-e3e716dcc07b&pageType=SouthAsia&AspxAutoDetectCookieSupport=1)。
- 3.行政院，新南向政策推動計畫，2016。
- 4.WHO/UNICEF 網站 [https://www.wssinfo.org/documents/?tx_displaycontroller\[type\]=country_files](https://www.wssinfo.org/documents/?tx_displaycontroller[type]=country_files)。

作者簡介

謝東穎先生

現職：台灣自來水公司總管理處環保組 組長

專長：自來水工程、環境工程、水資源管理

楊碧嬾女士

現職：台灣自來水公司發包中心主任兼新南向計畫主持人

專長：營運管理、職業安全衛生管理

新北市永和區國中路 109 巷用戶無水緊急處理

文/李中彥、石明憲

一、前言

自來水法第 62 條規定：「自來水事業對自來水用戶應經常供水，如因災害、緊急措施或工程施工而停止全部或一部供水時，應將停水區域及時間先通告周知，…」。

基此，自來水事業對用戶有穩定供水之義務，然而，基於管線及設備老舊，施工挖損自來水管線等內、外在因素，均可能導致用戶造成無水，此時，如何使用戶快速恢復供水，成為自來水事業漏水搶修部門當務之急。

以下為新北市永和區國中路 109 巷於 2016 年 12 月 26 日深夜發生區域用戶大片無水，臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）西區分處緊急處理使用戶快速恢復供水案例。

二、國中路 109 巷 1~5 弄供水系統及無水原因

(一)國中路 109 巷 1、3、5 弄之用戶用水為 1981 年 5 月隨房屋興建時配設，當時國中路 109 巷尚未埋設配水管線，其用戶用水係由國中路本線接水（詳圖 1），其區域內直接用水及總表共計 14 栓，用戶 250 戶。管線主要由國中路 700mm 管線分接 100mmDIP 管及 75mmPVCP 管分接區域用戶。

(二)2016 年 12 月 26 日深夜，疑似國中路口 100mm 口徑制水閥故障(閥桿斷裂導致閥門關閉)，導致區域用戶大片無水，北水處於當日晚間八時接獲該區域民眾通報無水，經立即指派該區域修漏廠商拆表確認表前無水。另因國中路本線永和

區公所近期進行銑鋪工程，巷口 7 號制水閥被埋沒且因道路禁挖無法覓升修理。

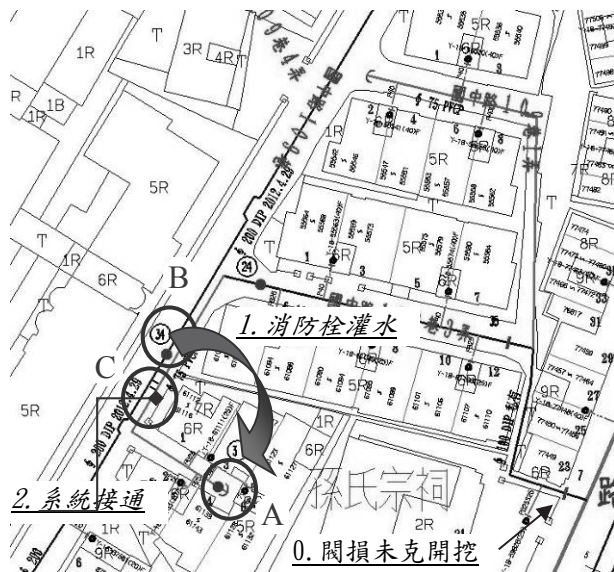


圖 1 國中路 109 巷 1~5 弄供水系統圖
(無水狀況,雙系統 Bto A 緊急支援)

三、緊急處置

(一)本案廠商拆表確認為大片無水後，北水處西區分處及時成立緊急應變小組，由修漏股股長率相關幹部，監工及技術士，分派工作，一部分人員先赴現場勘查相關閥栓位置及配水管供水是否正常，留必要同仁於分處調閱竣工圖及用戶給水台帳資料後，再赴現場會合以利後續作業。

(二)現場開啟國中路 109 巷編號 34 消防栓正常有水，但國中路 109 巷 5 弄底編號 5 消防栓、國中路 109 巷 3 弄口 24 號消防栓均無水。

(三)經比對管線圖及用戶給水台帳，確認國



中路 109 巷本通供水正常，國中路 109 巷 1、3、5 弄為獨立系統且與 109 巷配水管不相連通，經檢討消防栓相對位置及不影響車輛出入，決定於當晚 12:00 以無水區域外有水之消防栓(34 號)灌注 5 弄底無水之消防栓(5 號)，其灌注方式詳如圖 2。

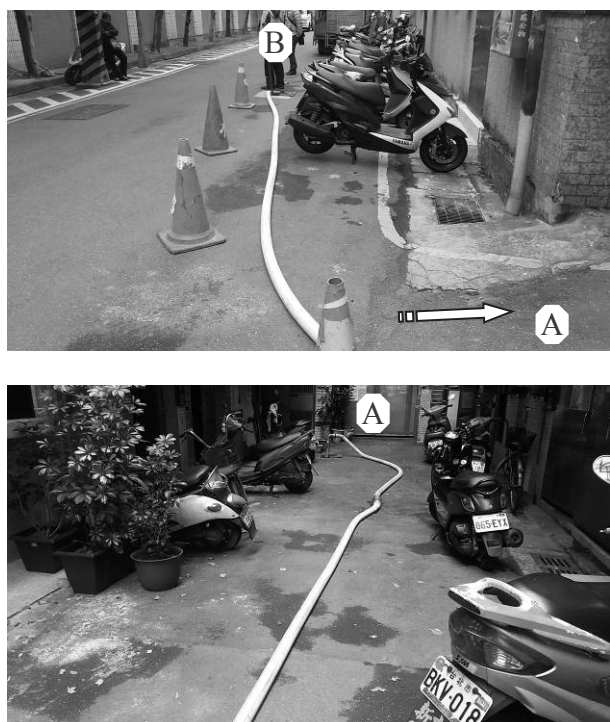


圖 2 無水區內外消防栓灌水

(四)經消防栓灌水後無水區域水管即於次日凌晨 1 時恢復供水，但使用消防水帶灌水為緊急措施，水帶亦不可能長期放置。故於 2016 年 12 月 27 日申請搶修路證，於國中路 109 巷 3 弄口旁開挖，施作 2 只 50 不銹鋼鞍帶分水栓與無水區域之 75mmPVCP 管加以連通(圖 3)，使該無水區域供水恢復正常。

(五)為徹底改善無水區域內管線老舊及體質不良問題，北水處西區分處已於 2017 年 5 月進場改善汰換管線。



圖 3 無水區內外開挖接通

四、工作心得

降低用戶無水不便是自來水事業責無旁貸的使命，面對區域無水，有賴工程師冷靜分析，蒐集研判各種資料，快速即時進行專業判斷，研判短期（如本案以消防水帶接通快速復水）、中期（2 只 50 不銹鋼鞍帶分水栓與無水系統接通）、長期（整體管網汰換改善）等策略，以先恢復用戶供水之前提下，將問題逐步徹底解決，使供水恢復正常並確保供水系統之穩定及安全。

作者簡介

李中彥先生

現職：臺北自來水事業處西區分處股長

專長：自來水工程設計、施工、契約規範。

石明憲先生

現職：臺北自來水事業處西區分處三級工程師

專長：自來水工程設計、施工、淨水處理。