

專門論著

河畔地區地下水之水量水質分析·····	謝堯煌、陳忠偉、李振誥·····	1
---------------------	------------------	---

實務研究

分區計量區在管線汰換後售水率偏低之實務改善探討·····	許志浩·····	11
------------------------------	----------	----

一般論述

自來水中氯化消毒副產物之飲用安全性·····	黃鈺茹、黃登福·····	23
淨水處理可行對治方法·····	謝啟男·····	37
石門水庫水源水質酸鹼值偏高對供水水質影響之探討·····		
·····	李貞慧、黃瑞聰、林彥宏、張嬉麗、吳美惠·····	41
流量計在不同平面雙彎管下游之量測準確性探討·····	陳建霖、羅德偉、苗君易、黃佑仲·····	46
台水公司現代化之經營主軸·····	陳福田·····	56
現場電解消毒技術應用初探·····	甘其銓、萬孟瑋、黃俊穎、林敬涵·····	60

研究快訊

自來水公司淨水場污泥自資資源化之研究·····	袁如馨、黃志彬·····	65
原水受汽機柴油污染現況調查及受污染後最適化處理之研究·····		
·····	吳志超、方鴻源、黃文鑑、鄭文伯·····	67
水公司各淨水場清水、配水鹵化乙酸含量背景資料調查建立暨淨水處理技術 與處理成本之評估分析·····	王根樹、童心欣、張慧嫻·····	68
國外使用淨水用藥劑之申請公告研究·····	胡伯瑜、楊琇瑩、曾治乾、林慧玲、周珊珊·····	70

IWA 活動園地

IWA 出版刊物訊息·····	編輯小組·····	66
國際自來水研討會訊息·····	編輯小組·····	72
國際瞭望台·····	編輯小組·····	73

協會與你

自來水協會第十六屆理、監事會第四次聯席會議紀錄·····		74
「自來水」季刊免費索閱登記調查·····		78
「自來水」季刊論文審查作業要點·····		79
入會申請書·····		80

自來水季刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水季刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與您、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地等文稿。
- 三、「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。「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。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版名：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 六、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 tinlai@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與 1 吋照片一張，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、本刊內容自 88 年 5 月起已公布於台灣自來水公司全球資訊網站（www.water.gov.tw）歡迎各界參閱。
- 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」。

自來水季刊雜誌

發 行 單 位：中華民國自來水協會

發 行 人：徐享崑

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

劉廷政

委 員

葉宣顯、盧至人、張怡怡、蘇金龍、吳美惠

吳陽龍、陳曼莉、張廣智、李丁來(兼秘書)

自來水季刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總 編 輯：吳美惠

執行主編：李丁來

編審委員

鄭錦澤、周珊珊、黃建源、陳孝行、陳志銘

簡俊傑、林財富、洪世政

執行編輯：林正隆

電 話：(02)22244191 轉 514

行政助理：古藺苓

印 刷：松耀印刷企業有限公司

地 址：台中市北區自強街 50 號

電 話：(04)23607717

河畔地區地下水之水量水質分析

文/謝堽煌、陳忠偉、李振誥

摘 要

河岸過濾為河川水流經未飽和層到達地下水，經由入滲過程降低水中污染物及細菌濃度，河岸入滲系統為將生產井布置於河岸取得水源。抽水作用在河川與含水層間產生壓力差，以增加河川底部入滲量，故生產井所取出水源則同時包含地下水與河川入滲水，因而減少地下水取用量。

本研究以貓羅溪與烏溪會合點附近為研究區域，於河畔布置地下水觀測井，由河川水與觀測井地下水進行水質分析，並利用觀測井群進行抽水試驗，推估含水層出水能力。由研究成果顯示，試驗場址之含水層大多為礫石與砂混合組成，含水層之出水量約為 962.5(m³/day)，含水層之流通係數約為 1,878(m²/day)，儲水係數為 0.23，河川底部入滲率約 11.5(m/day)，由水質分析結果顯示地下水質明顯優於河川水。

關鍵字：河岸過濾、河川底部入滲、流通係數、儲水係數

一、前 言

台灣地區之水資源大都取自河川水與地下水，若直接引用地表水，常受限於水中濁度過高而無法引用，取用地下水則因含水層補注較為緩慢，且超抽地下水將導致地層下陷與海水入侵等地質災害。因此，若以河畔取水模式開發水源，地表水經土層過濾後，可降低濁度過高現象，且含水層包含地下水與河川補注，可取得質優量豐之水源。

河岸過濾為河川滲漏至地下水位面，經由入滲過濾之程序，其水中污染物及細菌將被過濾並降低濃度。在河岸入滲系統中，若將抽水井置於河岸取水，此抽水作用在河川與含水層間產生水壓差，導致河水向下入滲，經由含水層之多孔介質到達水井，所抽出之水同時混和含水層之地下水與河水入滲之地表水，此取水模式稱為傍河取水，取水模式示於圖 1。

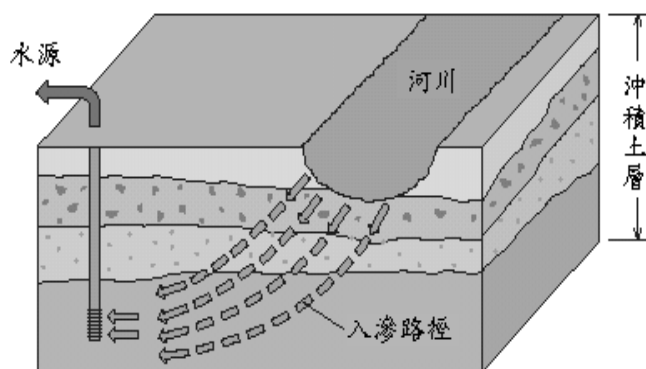


圖 1 河畔取水示意

本研究以快官地區位與貓羅溪河畔為研究範圍，於現場設置一口抽水井與六口觀測井，透過抽水試驗與 Numman(1975)⁽¹⁾法推估水文地質參數，以雙環入滲試驗與 Horton(1940)⁽²⁾法推估土壤入滲率，出水量及其對地下水位影響則以 Bear(1979)⁽³⁾法進行推估。水質檢測為進行河川水與觀測井之地下水採樣，並於實驗室進行水質分析，將檢測結果進行比較，本研究流程示於圖 2。

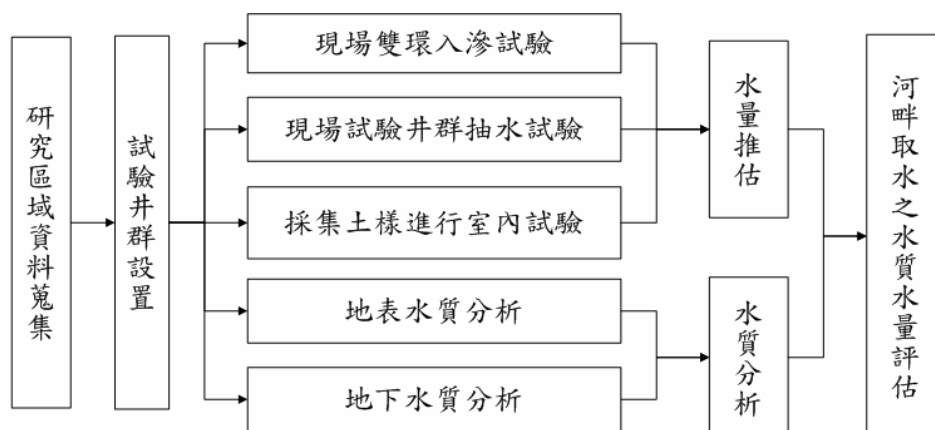


圖 2 研究流程

二、理論方法介紹

本研究水量推估理論模式分別敘述如下。

2.1 Neuman(1975)法理論介紹

本研究試驗場址為快官地區與貓羅溪河畔，研究場址經鑽探資料顯示為自由含水層，故本研究採用同時考慮重力釋水與彈性釋水能 Neuman 法求解。Neuman (1972)⁽⁴⁾考慮水平及垂直方向流量，提出徑向垂直 2 維的地下水流模式。Neuman (1974)⁽⁵⁾將抽水井假設為部分貫穿情況，提出自由含水層在，定流量抽水實驗的含水層理論洩降解析解。Neuman (1975)假設抽水井及觀測井皆為全程貫穿井，提出觀測井理論洩降標準曲線套圖，其解析解示意圖如圖 3，洩降方程如式(1)。

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u_A, u_B, \beta) \quad (1)$$

$$\text{其中} \quad u_A = \frac{r^2 S_A}{4KDt} \quad u_B = \frac{r^2 S_Y}{4KDt} \quad \beta = \frac{r^2 K_V}{D^2 K_h}$$

上式中 s 為水位洩降量(m)， Q 為抽水量

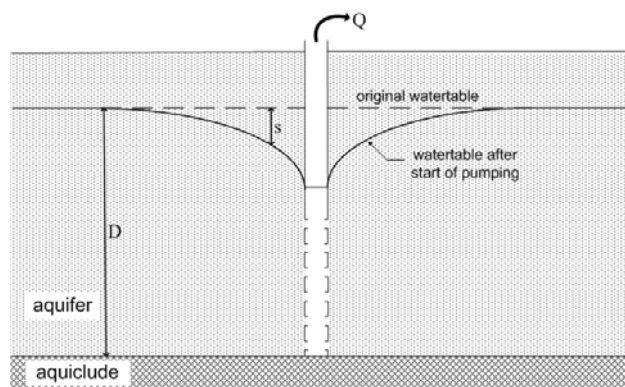


圖 3 Neuman(1975)解析解示意

(m^3/s)， K 為透水係數(m/s)， K_v 為垂向透水係數(m/s)， K_h 為水平透水係數(m/s)， D 為含水層厚度(m)， t 為時間(T)， S_A 為儲水係數， S_Y 為給水度。

2.2 Horton(1940)法理論介紹

本研究雙環試驗以 Horton(1940)法推估之入滲率示於式(2)。

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (2)$$

式中 f 為任意時刻(t)之入滲率， f_0 為初期入滲率， f_c 為最終入滲率， f 隨降雨時間之延續，入滲曲線漸趨於水平線之值。 k 為入滲常數，為未達 f_c 前曲線之變化率， k 值愈大，入滲曲線隨時間變化愈大。 e 為自然對

數之底數值， t 為降雨開始後起算時間。

2.3 Bear(1979)法理論介紹

在設井方案設計中，本研究主要使用 Bear(1979)提出之水位洩降方程式，如下式 (3)。

$$H_0^2 - h_w^2 = \frac{Q_w}{\pi K} \ln \left(\frac{R}{r_w} \right) \quad (3)$$

其中 H_0 為抽水井初始含水層厚度 (m)， h_w 為抽水井抽水穩態後含水層厚度 (m)， Q_w 為抽水井出水量 (m^3/day)， K 為水力傳導係數 (m/day)， r_w 為抽水井半徑 (m)， R 為抽水影響半徑 (m)。

三、研究區域概述

3.1 快官與貓羅溪河畔之地形與地質概況

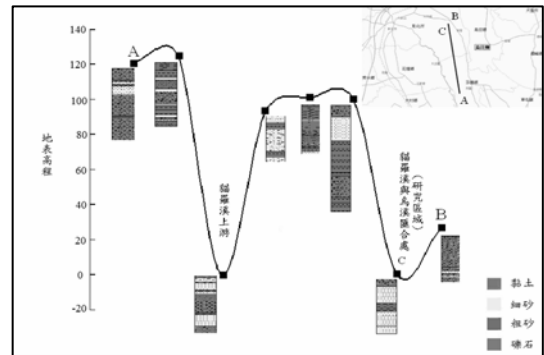
本研究地區選定為快官地區與貓羅溪河畔位置，貓羅溪為烏溪支流，烏溪位於台灣西海岸中部，發源於中央山脈合歡山西麓，東以中央山脈為界，北鄰大甲溪流域，西臨台灣海峽，南鄰濁水溪流域，集水區地勢自東北向西南傾斜，幹流全長約 119.13 公里，流域面積為 2,025.6 平方公里。研究區域位於貓羅溪與烏溪交會處與靠近快官地區，其試驗位置示於圖 4。



資料來源：經濟部水利署⁽⁶⁾

圖 4 烏溪水系與現場試驗位置

根據中央地質調查所⁽⁷⁾之地質資料，繪製芬園至快官地區之地質剖面如圖 5。圖中顯示除 A、B 兩點主要由礫石構成，其餘大都為黏土與細砂組成，其中 C 點為快官地區鑽探資料，除地表淺層有少許礫石外，下方大都由砂所組成。

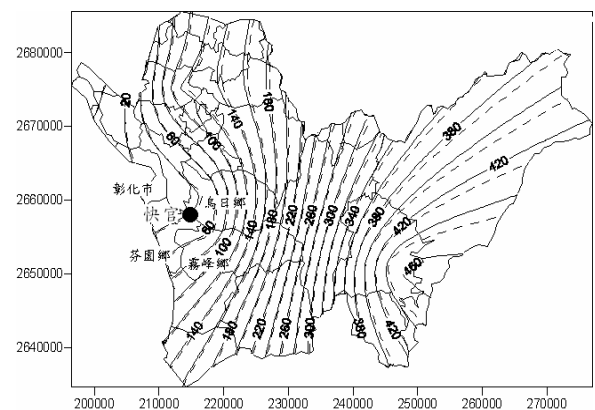


資料來源：中央地質調查所⁽⁷⁾

圖 5 芬園至快官地質剖面

3.2 氣象與水文條件

快官地區隸屬於亞熱帶氣候區，雨量豐沛但時空分配不均勻。就降雨分布時間而言，每年五月至十月多颱風、暴雨，雨量豐沛，為豐水期。十一月至翌年四月期間，受季風影響，為枯水期。平均月降雨量以八至十月較高，一至二月較低，年平均降雨量約 1000 至 2000 mm。



資料來源：經濟部水利署⁽⁶⁾

圖 6 2004 年豐枯季地下水位

地下水位分佈受到地形之影響，水位明顯由東向西降低，由水利署⁽⁶⁾於烏溪流域內之 28 口地下水位觀測井，繪製 2004 年豐枯季之地下水位等值圖如圖 6，由圖中顯示豐枯季平均水位差約為 1 至 4m 不等。

氣溫冷熱適中，年平均溫度 22.5℃，每年最低溫發生在一、二月，月平均溫度約 15.6℃。最高溫則發生在七、八月，月平均溫度約 28.7℃，年平均蒸發散量約為 900 至 1200mm。快官地區 5 月至 9 月為河川流量豐

水期，流量佔全年的 70%，以 6 月份最多，1、2 月則為枯水期。

四、現場試驗介紹

4.1 鑽探資料分析

根據本研究搜集現場資料顯示，快官地區土層多屬表層為礫石，底層為砂之構造，經現場鑽探結果顯示，地表下 1 至 8m 位置主要為卵礫石夾粉土質砂，8 至 15m 為粉土質砂夾礫石，15 至 20m 為卵礫石夾粉土質砂，土壤剖面示於圖 7。

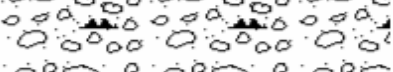
至地表下深度 (米)	土壤特徵描述	土壤柱狀圖
1~2	卵礫石夾灰白色粉土質砂	
2~3		
3~4		
4~5		
5~6		
6~7	卵礫石夾棕黃色粉土質砂	
7~8		
8~9		
9~10	黃棕色粉土質砂夾粘土薄層夾礫石	
10~11	黃棕色砂質粉土或細砂夾礫石	
11~12	棕灰色粉土質砂夾礫石含少量卵石	
12~13		
13~14		
14~15		
15~16	卵礫石夾棕灰色粉土質砂	
16~17		
17~18		
18~19		
19~20		

圖 7 現場鑽探土樣柱狀

4.2 現場抽水試驗

進行現場試驗井群抽水試驗前，必須先進行分級試水，以避免水位洩降過大或過小之情形發生。水文地質特性利用 Neuman(1975)法進行推估，現場抽水試驗與井群分佈位置示於圖 8。

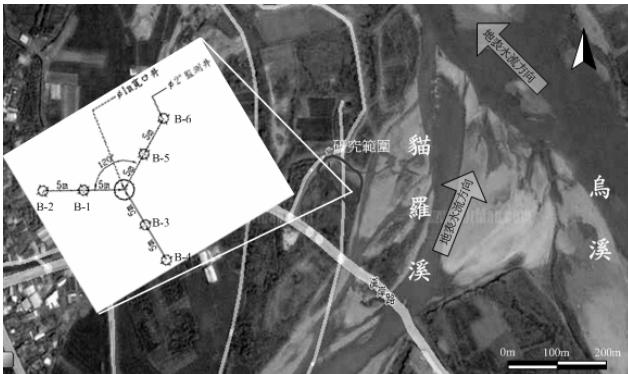


圖 8 現場抽水試驗與觀測井群分佈示意

4.3 現場雙環入滲試驗

入滲為地表水滲入地表下之行爲，單位時間之流域入滲量與降水量之比值則稱之為入滲率。本研究藉由雙環入滲試驗記錄時間與水量損失，以 Horton(1940)法可評估研究區域垂向入滲能力，現場雙環試驗情況示於圖 9。



圖 9 現場雙環入滲試驗

4.4 地表與地下水質分析方法

本研究於 2006 年 9 月進行地表與地下水質採樣與分析，採樣點包含地下水試驗井群、貓羅溪與烏溪上游各 2 處等，總計 10 處進行水質檢測。地下水質採樣與檢驗工作為依據「地下水標準採樣方法之建立」⁽⁸⁾規定進行，品管品保規劃依據行政院環保署環境檢驗所之「深層大口徑監測井地下水採樣方法訂定」⁽⁹⁾規範進行採樣與檢測工作。

五、現場試驗成果與分析

5.1 分級試水成果

本研究利用分級試水了解出水量與水位洩降關係，以決定抽水試驗之合適出水量，分級試水成果示於圖 10。為使抽水試驗獲得較明顯之地下水位洩降，以 11.14 L/sec 為抽水試驗出水量。

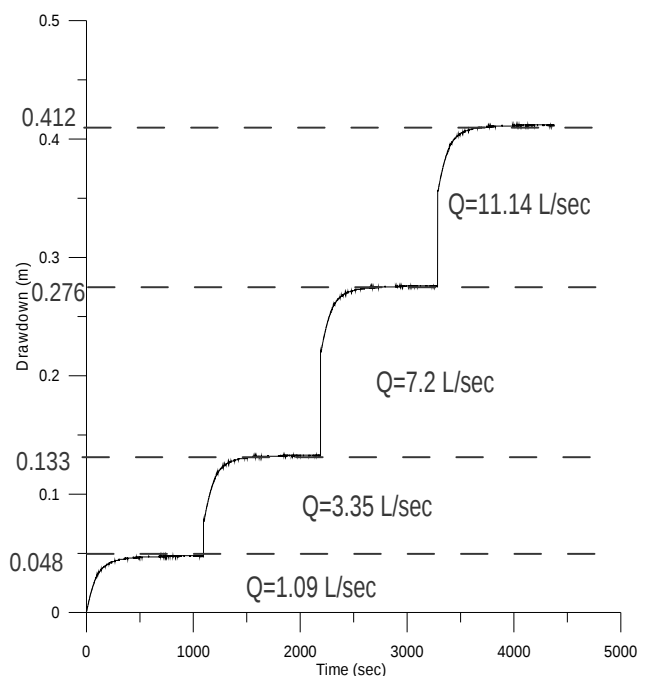


圖 10 寬口井分級試水時間(Time)與地下水位洩降(Drawdown)

5.2 抽水試驗成果

以分級試水推估之合適出水量為抽水試驗流量，量測並記錄抽水井與觀測井地下水位洩降過程，待地下水位洩降資料穩定後，利用 Neuman(1975)法推估各水文地質參數。抽水試驗各試驗井地下水位洩降資料示於圖 11 及圖 12。由圖 11 之抽水井水位洩降量顯

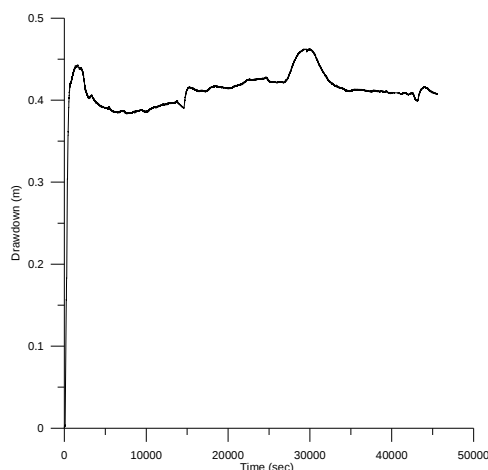


圖 11 寬口井抽水試驗時間(Time)與地下水位洩降(Drawdown)

示，抽水井在出水量為 11.09 L/sec 時，其水位洩降量大約在 40 cm。由圖 12 各監測井水位洩降量顯示，距離抽水井 5m 之觀測井 B1、B3 與 B5 之最大水位洩降約為 13 至 16cm，距離抽水井 10m 之觀測井 B2、B4 與 B6 之最大水位洩降約 3 至 6cm。

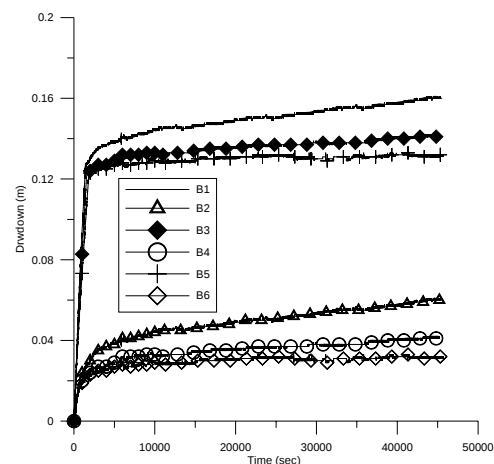


圖 12 監測井群抽水試驗時間(Time)與地下水位洩降(Drawdown)

表 1 Neuman(1975)法推估水文地質參數成果表

井號	B1	B2	B3	B4	B5	B6	平均值	標準 偏差
r(m)	5	10	5	10	5	10	7.00	2.45
Q(L/sec)	11.09	11.09	11.09	11.09	11.09	11.09	11.09	0.00
β	0.01	0.01	0.01	0.40	0.01	0.20	0.13	0.16
$W(u_A, \beta)$	3.00E+00	8.00E-01	2.90E+00	5.00E-01	3.00E+00	4.50E-01	1.97	1.22
$W(u_B, \beta)$	3.80E+00	4.80E+00	3.70E+00	9.00E-01	3.50E+00	1.10E+00	2.60	1.31
$1/u_A$	75.00	3.50	60.00	3.70	73.00	2.30	42.80	32.91
$1/u_B$	3.30E+01	1.90E+02	2.00E+01	1.50E+00	6.50E+00	4.50E-01	12.29	12.48
h_A (m)	1.30E-01	3.50E-02	1.27E-01	2.40E-02	1.23E-01	2.00E-02	0.08	0.05
h_B (m)	1.60E-01	6.00E-02	1.42E-01	4.10E-02	1.32E-01	3.20E-02	0.10	0.05
t_A (sec)	2000	3000	3000	1900	2000	1300	2040.00	546.26
t_B (sec)	45000	45000	43000	45000	45000	45000	44600.00	800.00
T_A (m ² /sec)	2.04E-02	2.02E-02	2.02E-02	1.84E-02	2.15E-02	1.99E-02	0.02	0.00
T_B (m ² /sec)	2.10E-02	7.06E-02	2.30E-02	1.94E-02	2.34E-02	3.03E-02	0.02	0.00
T (m ² /day)	1785.74	3922.45	1864.45	1631.59	1941.27	2168.92	1878.40	177.79
S	8.69E-02	6.92E-01	1.61E-01	3.78E-01	9.44E-02	4.49E-01	0.23	0.15
S_y	4.57	0.67	7.91	23.25	25.93	121.38	36.61	43.19
S_y/S	52.63	0.97	49.07	61.56	274.71	270.30	141.65	106.93
b(m)	17.55	17.56	18.77	18.69	17.43	17.30	17.95	0.64
Kr(m/day)	101.77	223.39	99.34	87.31	111.36	125.35	105.03	12.73
Kz(m/day)	12.53	6.89	14.00	121.96	13.54	75.06	47.42	44.28

將各監測井之水位洩降資料，利用 Neuman 法可推估得本場址之各項水文地質參數，各項參數推估成果示於表 1。表 1 中顯示水平透水係數 K_r 約為 105.03 (m/day)，垂直透水係數 K_z 為 47.42 (m/day)，導水係數 T 為 1878.4(m²/day)，儲水係數 S 為 0.23。

5.3 雙環入滲試驗成果

本研究於試驗場址選取 A 與 B 二處進行試驗，試驗位置示於圖 13。由試驗分析成果顯示，A 處試驗點河床雜草叢生，表土層多為卵礫石夾棕灰色粉土質砂，根據雙環試驗結果推求其入滲率(I)約為 6.91 至 11.54(m/d)之間，符合砂、礫石混合之入滲率介於 5~100(m/d)之間(Bouwer, 1978)⁽¹⁰⁾。B 處試驗點為附近農民私種柳丁及香蕉等作物，表土以粉土質砂夾雜少數礫石居多，其入滲率(I)介於 0.70~2.00(m/d)。觀察 A 與 B 試驗點，顯示 B 處試驗點其表土層曾因農作而作過土壤改良，故本研究以 A 試驗點之數值較為符合試驗地河床之入滲值。

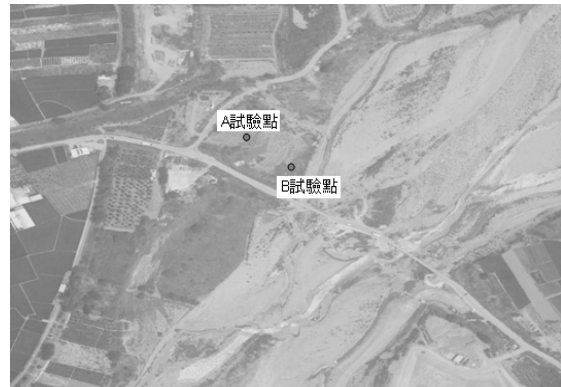


圖 13 現場雙環試驗位置示意

5.4 相異出水量對地下水位洩降與影響半徑評估

本研究利用現場試驗所推估之水文地質參數，以 Bear(1979)提出之水位洩降方程式，評估出水井於相異抽水量時，對試驗場址之地下水影響。推估成果示於圖 14 與圖 15。由圖 14 中顯示，當井徑愈大時，井內地下水位洩降越小，其原因可能為井徑越大，井內進水量大，故井內水位洩降較小。由於各方案之總出水量相，單井出水量減少，故其內水位洩降亦隨之減少。由圖 15 中，井內地下水位洩降增加時，其影響半徑亦隨之增加。

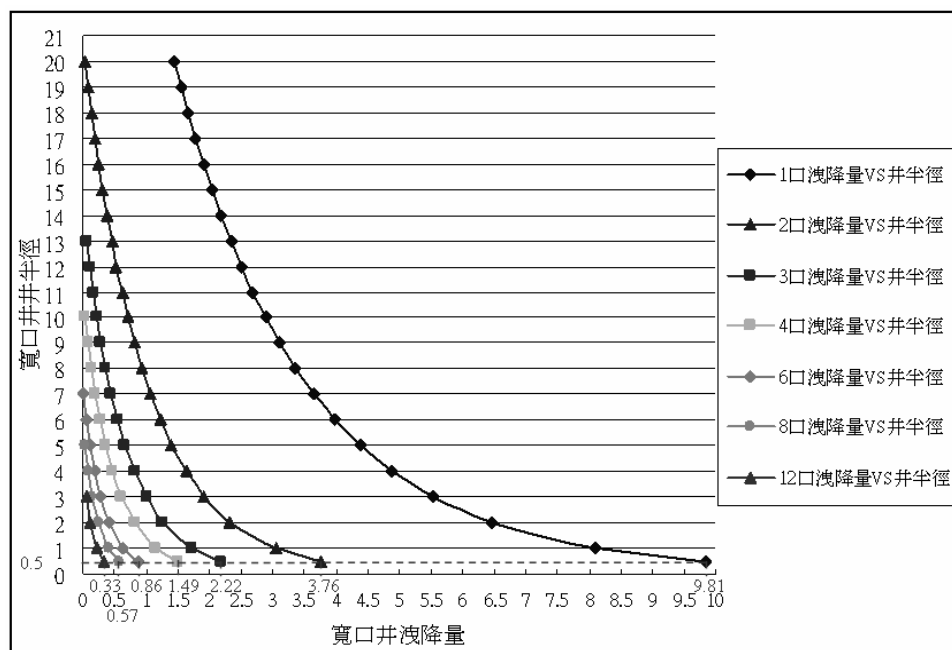


圖 14 相異井數、出水量與井半徑關

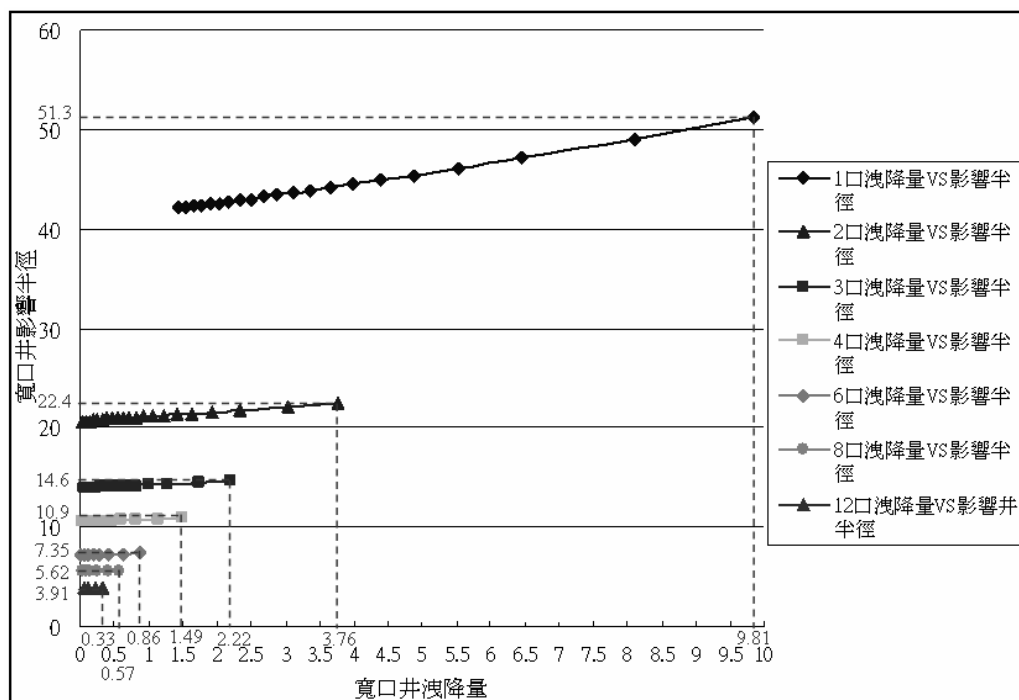


圖 15 相異井數與出水量對井洩降與影響半徑關係

表 2 地下水與地表水水質檢測結果

井號	項目	氮氣 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	錳 (mg/L)	鉻 (mg/L)	鉛 (mg/L)	砷 (mg/L)	汞 (mg/L)	鎘 (mg/L)	大腸桿菌 (CFU/100mL)	總有機碳 (mg/L)
飲用水水源水質標準 (第五條)		1.00	25.0	0.01	0.05	0.05	0.05	0.002	0.05	20000(具備消毒單元者) 50(未具備消毒單元者)	4
監測井(B2)		ND	2.3	ND	ND	ND	<0.001	ND	ND	25	0.39
監測井(B4)		ND	ND	ND	ND	ND	<0.001	ND	<0.001	<10	0.38
監測井(B6)		ND	2.7	ND	<0.01	ND	<0.001	<0.0005	<0.001	20	0.32
1m 寬口井		ND	4.3	ND	ND	ND	<0.001	ND	ND	2000	0.65
烏溪(1)		0.31	■ 26.3	ND	ND	ND	0.0029	ND	<0.001	■ 63000	2.57
烏溪(2)		0.12	■ 26.6	ND	<0.01	ND	0.0016	ND	ND	■ 53000	2.42
貓羅溪(1)		0.13	23.2	ND	<0.01	<0.02	0.0014	<0.0005	ND	■ 62000	2.29
貓羅溪(2)		0.11	22.0	ND	ND	ND	0.0015	<0.0005	<0.001	■ 57000	2.42

註：1. 低於方法偵測極限之測定以'ND'表示，並註明其方法偵測極限值及單位(MDL)。

2. ■ 表超過「飲用水水源水質標準(第五條)」

3. 水質檢測施行均採重複試驗檢測而得。

5.5 地表與地下水質分析

本研究水質標準主要為「飲用水水源水質標準」⁽¹¹⁾第五條規定，飲用水水源水質標準、地下水與地表水水質檢測結果示於表 2。表 2 水質檢驗成果顯示，氨氮檢測值在烏溪與貓羅溪大都介於 0.11 至 0.31(mg/L)，地下水之氨氮值均為 ND，地下水之氨氮值明顯低於地表水。化學需氧量以烏溪最高，且超過水質標準，貓羅溪之值亦偏高，但未超過標準，地下水之水樣檢測值則介於 ND 到 4.3(mg/L)，均符合飲用水水源水質標準。重金屬之鎘、鉻、鉛、砷、汞、硒與總有機碳等項目，地表與地下水檢測結果均符合水質標準。烏溪與貓羅溪之大腸桿菌為 53000 至 63000(CFU/100mL)之間，且未符合水質標準，地下水之大腸桿菌數為 2000(CFU/100mL)以下，符合水質標準且明顯低於地表水。由各項水質檢測結果顯示，地下水質明顯優於地表水。

六、成果與討論

本研究透過現場鑽探、抽水試驗、雙環入滲試驗、地表與地下水質分析等，詳細探討快官地區與貓羅溪河畔之水質水量分析，以初步評估於貓羅溪河畔開發水源之可行性。各項試驗分析結果如下：

由現場鑽探結果顯示，地表下 1 至 8m 位置主要為卵礫石夾粉土質砂，8 至 15m 為粉土質砂夾礫石，15 至 20m 為卵礫石夾粉土質砂，試驗場址大多為礫石與砂混合。

由分級試水推估 1m 寬口井之最大出水量為 11.14(m³/sec)，故其每日出水量至少可達 962.5m³。

由現場抽水試驗成果與 Neuman(1975)法

推估含水層之水文地質參數顯示，水平透水係數(Kr)約為 105.03 (m/day)，垂直透水係數(Kz)為 47.42 (m/day)，導水係數(T)為 1878.4(m²/day)，儲水係數(S)為 0.23，由以上參數值顯示本研究地區為高透水性地區。由雙環入滲試驗推估本研究地區未飽和層入滲率(I)約為 6.91 至 11.54(m/day)，約為飽和層垂向透水係數之 1/4。

將本研究試驗所推求之各項水文地質參數，代入 Bear(1979)提出之水位洩降方程式，可推估得相異寬口井徑、井數、出水量對地下水位洩降及影響半徑之關係。

由地表與地下水質檢測結果顯示，地表水高於水質標準項目為化學需氧量與大腸桿菌，地下水均符合飲用水水源水質標準，檢測結果顯示地下水質明顯優於地表水。

參考文獻

1. Neuman S.P., "Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response", Water Resour. Res., (11)2, 329-342, 1975.
2. Horton, R.E., "An approach towards a physical interpretation of infiltration capacity." Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5, p.399-417, 1940.
3. Bear, J., "Hydraulics of groundwater", McGraw-Hill Book, New York, 1979.
4. Neuman S.P., "Theory of flow in unconfined aquifers considering delayed response of the water table", Water Resour. Res., 8(4), 1031-1044, 1972.
5. Neuman S.P., "Effects of partial penetration on flow in unconfined aquifers considering delayed aquifer response", Water Resour. Res., (10)2,



p.303-312, 1974.

- 6.經濟部水利署水文水資源管理供應系統網站，
<http://gweb.wra.gov.tw>，2006。
- 7.經濟部中央地質調查所網全球資訊網站，
<http://www.moeacgs.gov.tw/>，2006。
- 8.行政院環境保護署，飲用水採樣檢測方法建立
與驗證－地下水標準採樣方法之建立，
EPA-86-1302-09-02-01，1996。
- 9.行政院環境保護署，深層大口徑監測井地下水
採樣方法訂定，EPA-92-1601- 02-08，2004。
- 10.Bouwer, H., “Groundwater hydrology”,
McGraw-Hill Book, New York, 1978.
- 11.行政院環境保護署網站，網址：
<http://www.epa.gov.tw/main/index.asp>，2006。

作者簡介

謝燦煌先生

現職:台灣自來水公司第七區管理處經理

專長:自來水工程與管理、高級淨水處理系統、
環境工程與資源管理。

陳忠偉先生

現職：國立成功大學資源工程研究所博士生

專長：水資源開發與管理、數值模擬與應用

李振誥先生

現職：國立成功大學資源工程研究所教授。

專長：地下水、水文地質、固體岩體工程

分區計量區在管線汰換後 售水率偏低之實務改善探討

文/許志浩

摘 要

臺灣地區年平均降雨量約為全球降雨平均值 3 倍，惟受限於地形，致使每人每年可分配之水量遠低於世界平均值，因此長久以來採巨額投資、高成本、大量開發水資源的傳統方式解決供水問題，將逐漸面臨不可行的困境。水資源隨人口成長、區域發展、環境保護而開發困難，大規模開發已屬不易，如何使處理過的水作最有效之運用，除了重視既有供水設施之維護管理外，降低漏水問題為自來水事業直接且迫切需要面臨的問題。

汰換老舊漏管線是改善管線漏水最直接且經濟的方式，但管線汰換後，若無適當評估方式，是無法展現其汰換的成效。將區域管網利用關閉制水閥方式劃分為獨立供水區，並於獨立供水區與連通區外管線之進水處理設計量器，用以評估區內用水情形之作業稱為分區計量；在計量區內所進行的管線汰換工程，可藉由區內計量器所量測的用水度數換算為售水率，用以評估區內管線汰換之成效。惟區內管線汰換已達一定比例，而售水率卻未能成比例成長時，該如何面臨改善成效不佳的窘境。

本研究利用小區檢測方式進行計量區最小流量作業，並因應其計量區區域特性，將計量區劃分成數個檢測小分區，再分別對檢測小分區實施最小流量測試，並依測試結

果，在各小分區斷除不明管線及檢修漏水管線，進而提升計量區的售水率。

另較大範圍計量區或無適當的制水閥，可將計量區細分為較小分區以進行最小流量檢測時，本研究另採管線水壓力變化點來判斷不明自來水管線的位置以進行改善作業。漏水處或管線分支點是造成自來水管線內水壓力變化因素之一，如何利用水壓力變化來檢視不明自來水管線，其作法為利用 EPAnet 受壓管線管網水利分析計算管線水壓力，並以量測消防栓所得之實測水壓力進行分析比較，在同一路段，某點的相對水壓力差值異於其他各點，即為不明管線處，後再施以增設制水閥方式用以關閉分區計量區，以解決售水率偏低之現象。

壹、前言

大台北地區水資源貧乏，各地區居住人口持續密集，欲再尋覓良好之水源地興建水庫，已如緣木求魚般的困難，因此長久以來採巨額投資、高成本、大量開發水資源的傳統方式解決供水問題，將逐漸面臨不可行的困境，因為藉由興建所產生之效益將遠低於維護管理所產生之效益。

水資源隨人口成長、區域發展、環境保護而開發困難，大規模開發已屬不易，如何使處理過的水作最有效之運用，除了重視既有供水設施之維護管理外，降低漏水問題為

自來水事業直接且迫切需要面臨的問題⁽¹⁾。傳統利用檢測儀器改善漏水情形的效果極為有限，直接抽換老舊漏管線是改善管線漏水最為有效的對策。惟以目前偏低且久未調漲之水價，對於自來水事業的經營已成為沉重的負擔，採大規模進行汰換自來水管線，無疑是雪上加霜。如何將有限經費進行管線汰換，並能明確獲知改善的效果，採小區計量及分區計量方式是現行最適之作法。

貳、漏水檢測之方式

一、聽音輪檢法

目前大部分用戶採間接方式供水，僅能實施聽音輪檢作業，日間以聽音棒實施止水栓、消防栓、制水閥聽音，判斷漏水大略範圍，夜間針對疑似漏水管線，使用電子測漏器實施路面聽音檢測作業，測出大略漏水位置；於日間進行鑽探並以聽音棒確認正確漏水位置，必要時使用相關式漏水探知器協助檢測、確認漏水位置。

其作業方式：

本法係將供水管網系統分為若干區域，定期循環實施聽音作業(listening survey)，以判斷該路段管線是否有漏水，記錄疑似漏水處作為路面聽音作業之依據。路面聽音作業須於夜間實施以避免車輛噪音干擾，所檢測出之漏水點尚需進行鑽孔作業以確認漏水處或輔以相關測漏器檢測作為交叉比對之用，確認漏水位置之後再派員開挖修理。

二、小區檢測⁽²⁾

所謂小區檢測係選擇管線長度約 1-3 公里之區域，於夜間離峰時間關閉區域外圍制水閥，以流量計測定該區夜間最小流量，據以估計該區漏水量如圖 1；必要時實施「分

段測試」以了解漏水分佈情況及各段管線之漏水量，對於漏水量偏高之區域管線實施聽音檢測。檢修完妥之後，再次測定漏水量，以瞭解檢修績效。

其作業方式：

一般以管線長度約二公里或用戶數約 1000~3000 戶劃分為一小區，關閉周圍之制水閥，使該區域形成暫時性之獨立供水小區，由小區外之消防栓，使用消防管銜接超音波流量計，再跳接小區內之消防栓，以記錄流進小區內之瞬間流量。小區測漏均在夜間離峰時段實施，主要目的在量測夜間最小流量(minimum night flow rate)以推估近似漏水量，夜間最小流量除以評估錶度數稱為漏水率。本法漏水量測定又分直接法與間接法兩種。

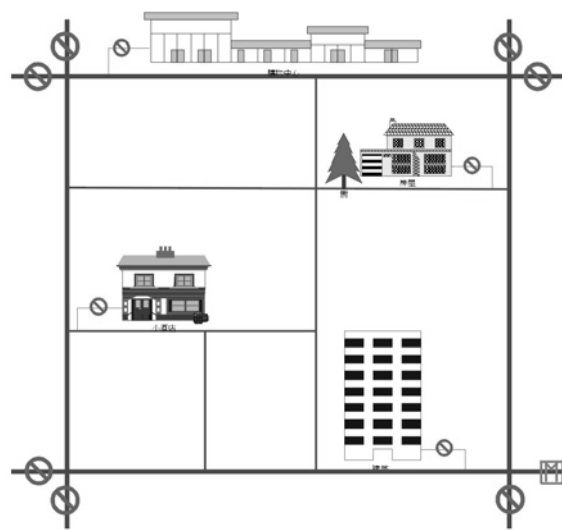


圖 1 小區檢測（夜間最小流量）示意

(一) 直接法

所謂直接法係逐戶關閉水表前之止水栓，避免用戶表後給水設備漏水或夜間用水影響漏水量之測定。都會地區因用戶採間接用水相當普遍，夜間離峰時段用戶水池仍有可能進水，由於此法需動員大量人力，成本太高，較少採用。

(二) 間接法

所謂間接法之小區測漏，係不關閉用戶止水栓，僅針對少數大用戶或夜間大量用水之場所事先通知並關閉其止水栓。此法之量測有賴小區之妥善劃分，俾便於夜間離峰時段，能夠出現最少一次持續 0.5 至 1 分鐘以上之用水空檔，此時測得之流量即為「夜間最小流量」，再透過適當的修正（經長時間實驗或直接法比對，設定用戶表內漏水或夜間用水所佔比率），以評估該地區之漏水量。

三、分區計量⁽²⁾

所謂分區計量又稱小區管網，係事先規劃設置或重新改管分割，以輸配水管線長度約 2~6 公里(2000-5000 戶)為一分區，所有外接管線均裝設流量計，一般僅保留主、副接水點如圖 2，避免接水點過多，影響計量正確性，增加維修管理負擔。

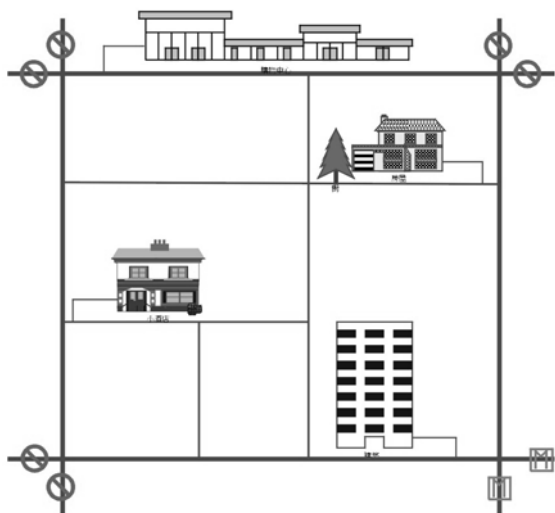


圖 2 分區計量示意

其作業方式：

分區計量又稱小區管網模式 (DMAs: District Metering Areas) 係劃分永久之獨立供水分區，周圍可利用制水閥隔離。分區之進水管通常保留兩處，一處平時關閉，發生緊急狀況再開啓，另一處裝設超音波或電磁流

量計以記錄進水流量。早期分區計量僅記錄累積流量，如果配合抄表作業能夠得知計量區之售水率，依售水率之高低推定計量區之漏水嚴重程度，作為進行檢測作業之依據。

參、最小流量測試改善售水率偏低之實例探討

測試區塊係位於臺北市信義計劃區鄰東南側山坡地社區，計量區管線汰換率，SSP 化（不鏽鋼給水管佔全區給水管比率）從 0 % 提升至 27% ，DIP 化（延性石墨鑄鐵配水管佔全區配水管比率）從 48% 提升至 98% ，售水率（計量區內總表及直接表度數和與評估表度數之比率）從 40% 提升至 46% 。計量區用戶平均用水量為 365 噸/日，採小區檢測間接法並將計量區區分成 3 個小分區，以進行夜間最小流測試。

測試區原應先新設具記錄功能之計量器，於夜間關閉制水閥後，用以量測最小流值；惟本次測試主要目的係因計量區售水率未依管線汰換程度而提昇，故計劃縮小區域以找出漏水處，因為暫時之措施，故不新設計量器，而以操作現場制水閥封閉小分區，進行最小流測試，且以分區計量之漏水量扣除未封閉小分區所測得之最小流，以獲得封閉小分區之漏水量。

作業方式：

一、量測計量區最小流量

經測試該區 6 日最小流量值如圖 3，分別為 13.2 噸/時、13.8 噸/時、13.8 噸/時、13.2 噸/時、12.6 噸/時、13.2 噸/時，平均為 13.3 噸/時，顯示該計量區確有漏水現象。經量測計量區評估表度數為 795 噸/日如圖 4。

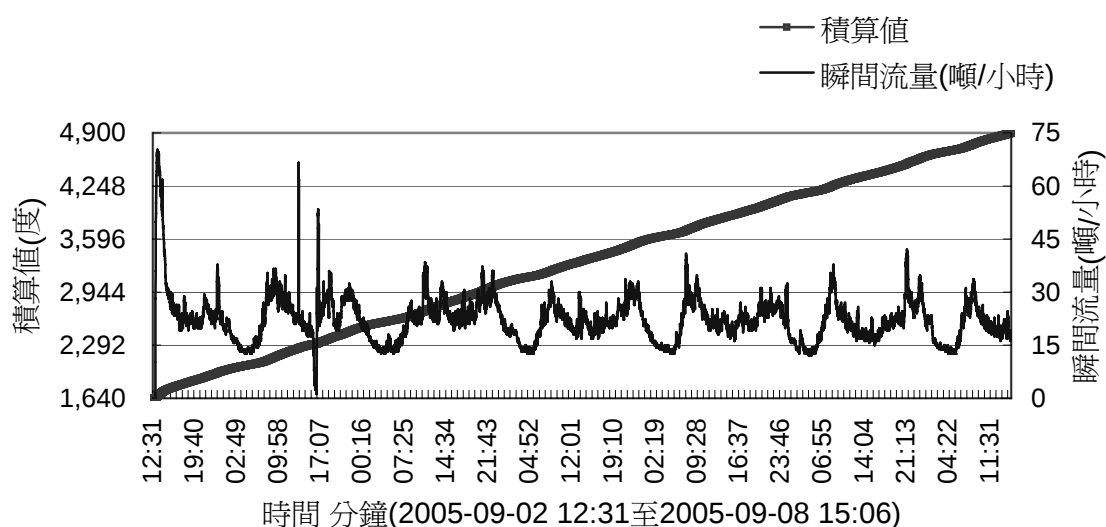


圖 3 計量區之夜間最小流量

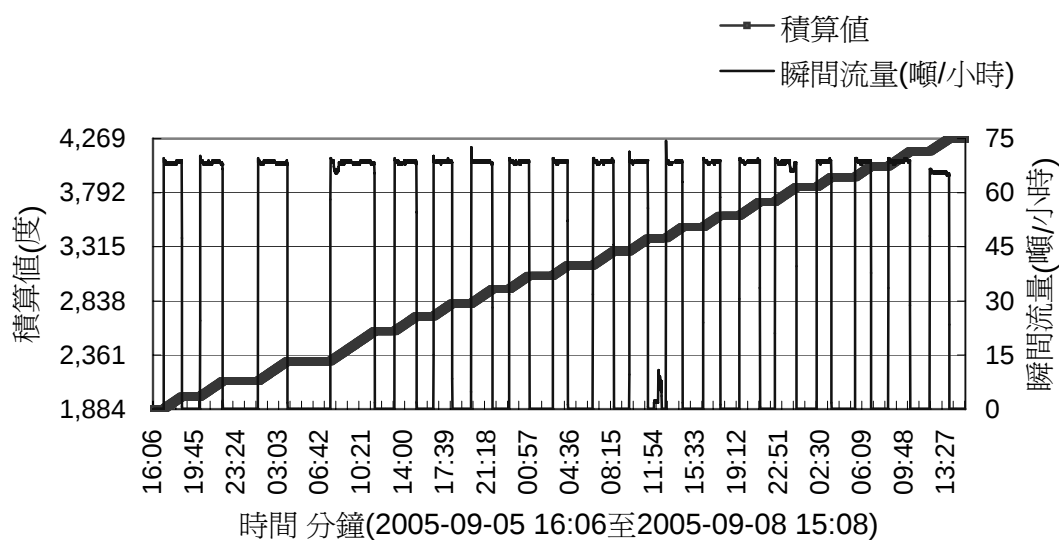


圖 4 測試前計量區評估表 3 日累計流量

二、關閉制水閥封閉小分區（每夜封閉 1 區）

封閉第 1 小分區，並測試該區消防栓壓力值是否為零，以確認小分區確以完全封閉未進水。再逐夜封閉其餘 2 區。

測試結果：

第 1 小分區封閉後，測得夜間最小流為 9 噸/時，表示該區應有 4.3 噸/時之漏水量。第 2 小分區測得夜間最小流為 13.2 噸/時，表示該區應無漏水量。第 3 小分區測得夜間最小流為 9.6 噸/時，表示該區應有 3.7 噸/時之漏水量如圖 5。

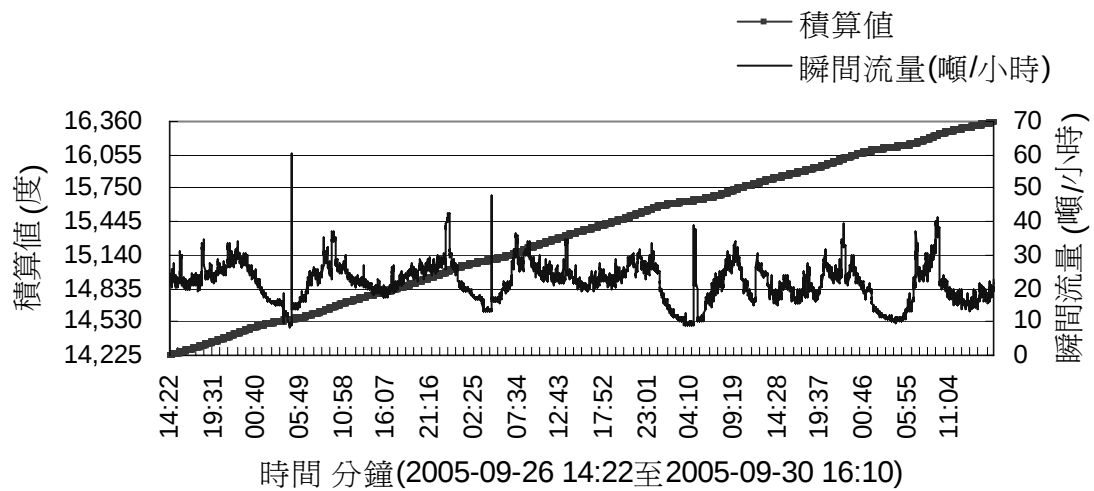


圖 5 各小分區之夜間最小流量

依測試結果，對於漏水小分區進行管線檢測漏作業，共計檢修 $\phi 150\text{mm}$ 一處、 $\phi 25\text{mm}$ 兩處及切封 $\phi 25\text{mm}$ 兩處，檢修後量

測計量區評估表度數為 468 噸/日如圖 6，測試前後售水率計算如表 1，計量區售水率由 46% 提升 77% 如圖 7。

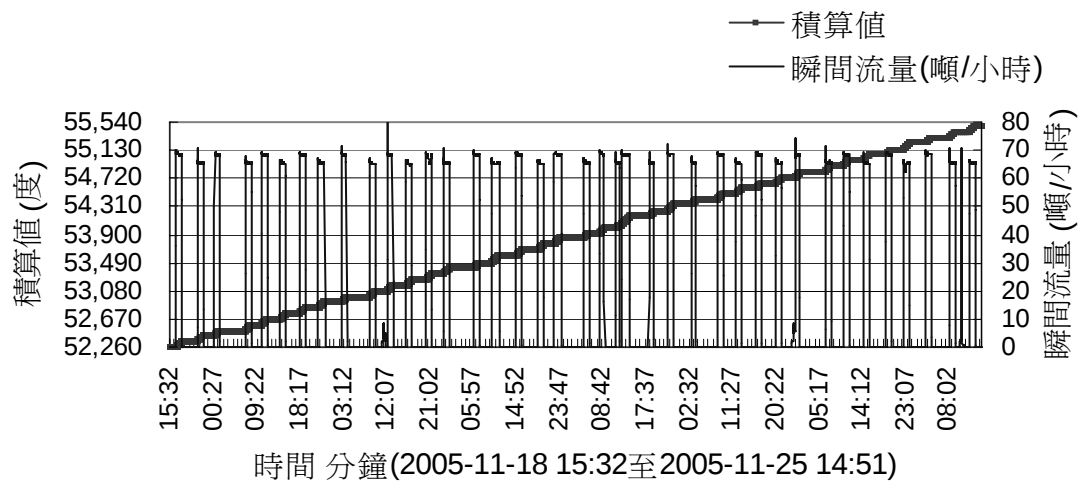


圖 6 測試檢修後計量區評估表 7 日累計流

表 1 測試前後售水率計算表

	評估表度數 (噸/日)	社區用水量 (噸/日)	流失量 (噸/日)	售水率 (%)
	(A)	(B)	(C) = (A) - (B)	(D) = (B) / (A)
測試前	795	365	430	45.91%
測試後	468	365	103	77.99%

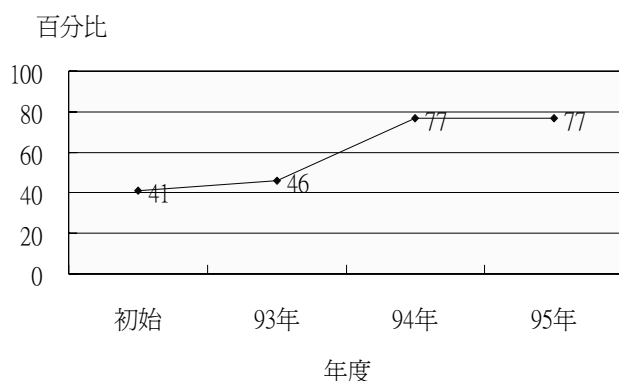
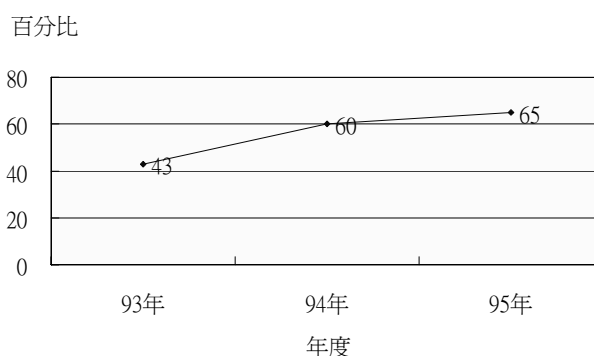


圖 7 測試前後售水率提升



水管線圖資與原始竣工圖面，逐一比對檢視，再以水壓力異常點進行實地測試，以尋

圖 8 測試前售水率

肆、利用 EPAnet 受壓管網管線分析法 改善售水率偏低之實例探討

一、測試區塊選定

測試區塊係位於臺北市大安區，目前計量區管線汰換率，SSP 化從 16% 提昇至 58%，DIP 化從 72% 提昇至 87%，售水率從 43% 提升 至 65% 如圖 8。計量區售水率未依管線汰換程度而提昇，是否為尚未汰換的管線因嚴重漏水所致，目前尚不可得知，惟以這樣的汰換率，本研究認為計量區的售水率確有偏低的現象，因此懷疑該計量區存有不明自來水管線，首先調閱計量區外側周圍自來

獲不明自來水管線。

二、管線資料與現地比對

核對計量區外圍管線位置與消防栓位置，並量測各消防栓距離。

三、檢視計量區外圍管線是否與區塊外管線連通

首先檢視計量區塊東北角如圖 9，埋設口徑 250mm 電子式評估表，該處是分區計量區塊兩進水處之一，自新生南路 1 段口徑 400mm 自來水管線進水，除此之外並未發現其他連通計量區外的自來水管線。分區計量

區西北角如圖 10，除依規劃封閉橫越金山南路 1 段及仁愛路 2 段管線外，並未發現其他連通計量區外的自來水管線。分區計量區西南角如圖 11，除依規劃封閉橫越金山南路 1 段自來水管線外，並未發現其他連通計量區外的自來水管線。計量區塊東南角如圖 12，埋設口徑 200mm 電子式評估表，該處是分區計量區塊另一進水處，自新生南路 1 段口徑 200mm 自來水管線進水，除此之外並未發現其他連通計量區外的自來水管線。另檢視新生南路 1 段 140 巷自來水管線如圖 13，該管線與新生南路 1 段口徑 400mm 自來水管線連通，依封閉計畫將其制水閥關閉，經量測計量區內外之水壓力為不同值，可確認新生南路 1 段 140 巷自來水管線已完全封閉。可確定依管線竣工圖面檢視計量區外圍管線，並未發現不明自來水管線連通。

計量區外圍並未發現不明自來水管線，由於該計量區塊內建物屋齡較為偏高，因此是否有些年代久遠的自來水管線竣工圖並未數化於管線圖資系統，因此本研究計畫以水壓力來判斷不明自來水管線的位置，因為漏水處或管線分支點是造成自來水管線內水壓力變化因素之一；如何利用水壓力變化來檢視不明自來水管線，目前獲得自來水管線內壓力，最直接且迅速的方式，是以量測地上式或地下式消防栓之水壓力，由於這些實測消防栓所得的水壓力並無一個可靠的數據做為比對，可找出異常的水壓力點，因此本研究採用 EPAnet 程式，利用分區計量區兩個進水點壓力，計算出計量區外圍各點消防栓壓力值，稱為理論水壓力，實測水壓力與理論水壓力之差值，本研究定義為相對水壓力差值；在同一路段某一點相對水壓力差值異於

其他點，即為異常點。

四、實例計算⁽³⁾

利用 EPAnet 程式輸入進水點壓力值、管線管徑、管內磨擦係數、消防栓間距及高程，計算出計量區外圍各點消防栓壓力值，將計算結果與實測消防栓所得的水壓力繪製水壓力圖如圖 14，我們可以從圖中的兩條曲線顯示，在同一條件及標準下所得的兩條曲線，其各點相對的差值應是接近，若有某點差值異於其他點，即為異常點；圖中節點 4 及節點 13 等 2 點是本研究推定的異常點，後續的作業即是配合現場測試以驗證本研究的異常點為不明自來水管處的推論。

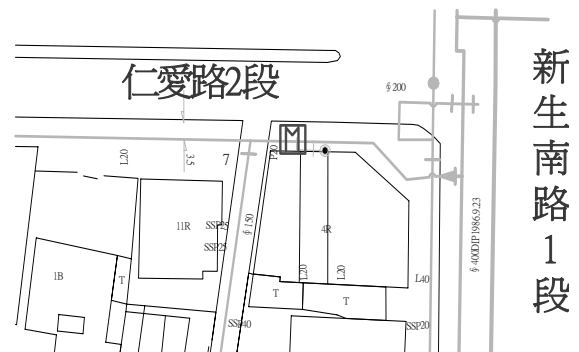


圖 9 計量區東北角管線圖



圖 10 計量區西北角管

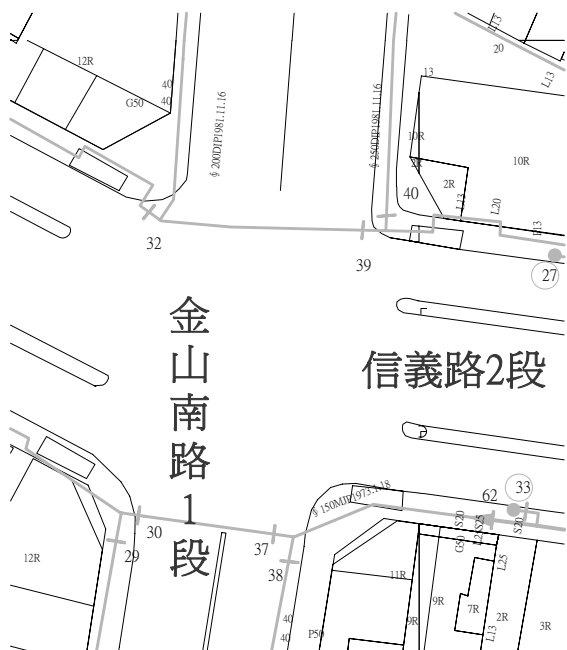


圖 11 計量區西南角管線

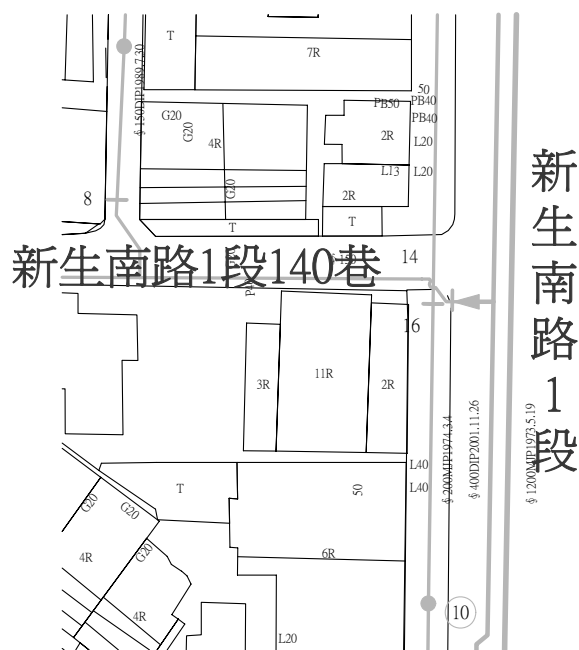


圖 13 新生南路 1 段 140 巷管線

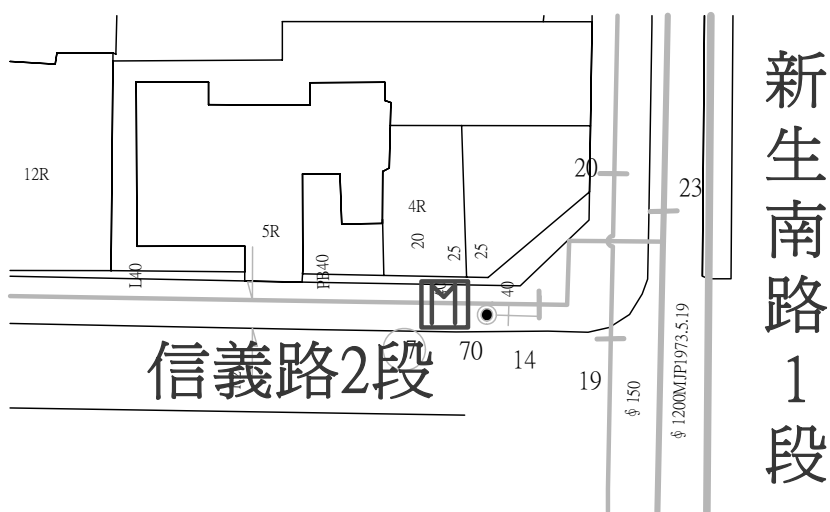


圖 12 計量區東南角管線

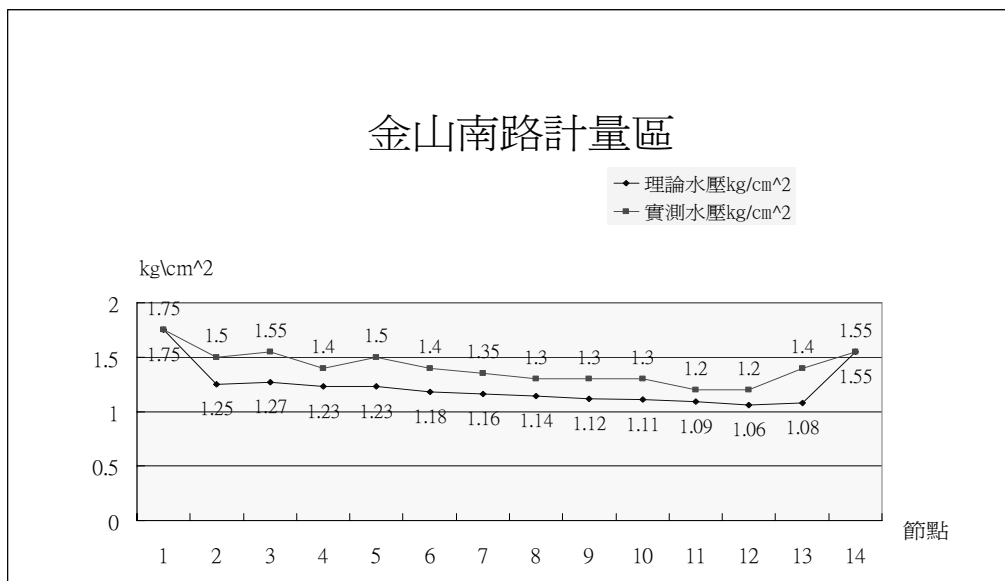


圖 14 水壓力

五、現場測試驗證

(一) 節點 4 是位於仁愛路 2 段與臨沂街交口的東南側編號 18 地上式消防栓如圖 15，此路口管線圖資並無橫越仁愛路 2 段之管線，經調閱原管線竣工圖亦查無管線。以北側編號 15 地下式消防栓做為測試的對象，經量測水壓力為 1.2kg/cm^2 ，在關閉北側編號 22 等 5 只制水閥後，水壓力提高為 1.35kg/cm^2 ，表示有不明水流且該處形成管末端造成水壓力提高，假定無橫越仁愛路 2 段之管線，關閉南側編號 33 等 3 只制水閥並不會影響北側編號 15 地下式消防栓壓力值，反之代表此處有連通管線，經關閉南側編號 33 等 3 只制水閥後，北側編號 15 地下式消防栓水壓力降為 0.75kg/cm^2 ，顯示有不明管線橫越仁愛路 2 段，以致關閉南側制水閥會造成北側消防栓壓力值降低。

(二) 仁愛路 2 段與臨沂街交口的東南側不明管線增設制水閥：沿南側編號 34 制水閥位置往北軸線延伸，於穿越臨沂街人行穿越道處探挖如圖 16，尋獲圖面未標示 $\phi 150\text{mm}$ 不明管線如圖 17，接著進行增設制水閥如圖 18，並於裝設完竣後，將其關閉，使本分區計量區完全封閉。



圖 16



圖 17



圖 18



圖 15 節點 4 不明管線測試

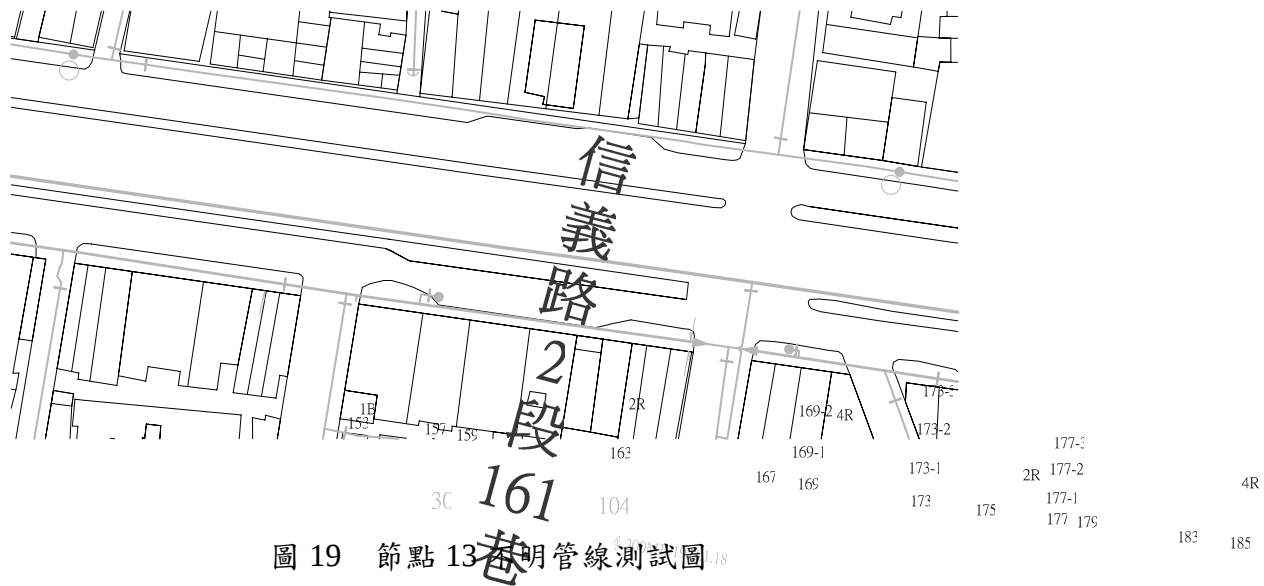


圖 19 節點 13 不明管線測試圖

(三)節點 13 是位於信義路 2 段與連雲街交口的東北側編號 31 地下式消防栓如圖 19，此路口管線圖資並無橫越信義路 2 段之管線，經調閱原管線竣工圖亦查無管線。該處之現況與節點 4 頗為相似，惟路口兩側皆為商家，採關閉兩側制水閘方式測試不明管線，需辦理局部規模停水作業徒增困擾。由於永康街口目前正興建捷運地下車站，經詢管線單位及捷運施工處，證實該路口施工時並未發現管線橫越信義路 2 段。後經現場探勘，信義路 2 段 163 號前編號 104 制水閘為關閉狀態，經操作開啓制水閘後，編號 31 地下式消防栓壓力自 1.4 kg/cm^2 降為 1.35 kg/cm^2 、編號 30 地下式消防栓壓力自 1.2 kg/cm^2 提升為 1.3 kg/cm^2 ，相鄰消防栓水壓力值已相近，表示節點 13 水壓力異常是編號 104 制水閘關閉所致，並非不明管存在所造成。

伍、結語

- 一、將計量區細分成小分區，進行夜間最小流測試時，事前詳細規劃關閉特定制水閘做為封閉小分區範圍之依據，可避免新設計量器，配合以分區計量之漏水量扣除未封閉小分區所測得之最小流，以確認漏水之小分區，再進行管線檢測漏作業，可提升計量區售水率。
- 二、利用 EPAnet 程式計算分區計量區消防栓理論水壓力值比對實測水壓力值所找出之異常點，配合現場制水閘操作測試，確能尋獲不明自來水管線，惟以此方式檢測不明管前，除事前詳細查對管線資料外，需將計量區外圍管線之制水閘全部開啓，以避免因制水閘關閉致水壓力集中造成異常壓力。
- 三、落實閘栓維護工作，有助於計量區封閉作業及測試封閉前後之水壓力變化，避免因計量區封閉後造成局部地區供水壓力不足，影響用戶用水，造成民怨。

致謝

本案進行過程中，承蒙南區營業分處陳倉桓主任、淨水科楊華堃正工程司、南區營業分處郭榮吉股長、張立錚副工程司及相關同仁鼎力協助，謹此致謝。

參考文獻

1. 許志浩(2004)，「自來水設施維護管理之研究」，國立臺北科技大學土木與防災研究所。
2. 郭瑞華等(2002)，「如何減少無計費水量之研究」，中華民國自來水協會。
3. Lewis A. Rossman：EPANET2 Users Manual，Water Supply and Water Resources Division
Nation Risk Management Research Laboratory
Cincinnati United States Environmental Protection Agency，2000 年。

作者簡介

許志浩先生

現職：臺北自來水事業處副工程司

專長：工程設計、施工；設施維護管理；分區計量



自來水中氯化消毒副產物之飲用安全性

文/黃鈺茹、黃登福

摘 要

自來水經氯化消毒處理後會產生多種的消毒副產物 (disinfection by-products, DBPs)，就如總三鹵甲烷、鹵化乙酸類與鹵化乙腈類等其他相關消毒副產物，由各國飲用水中消毒副產物之相關流行病學研究報告中證實自來水加氯消毒會產生多種的致癌性消毒副產物且與直腸、肺、膀胱、肝、腎癌症致死率和婦女發生不足月生產與新生兒患先天性心臟缺陷疾病間有相關性。流行病學調查與研究結果亦顯示出長期飲用含消毒副產物之飲用水會提高人類發生結、直腸癌之可能性，因其會促使將腸道內的致癌原轉變成致癌物的酵素活性提高而增加致癌性，總三鹵甲烷類中的溴化甲烷類較易誘發大鼠結腸癌前期病變，且與高脂飲食生活相互作用下則更易誘發，而均衡的維持葉酸攝取則可減少消毒副產物誘發大鼠結腸癌前期病變。鹵化乙腈類消毒副產物不像鹵化乙酸類般具有造成嚴重神經性毒害作用之危害，鹵化乙酸類為飲用水中次要消毒副產物之一，其會增加氧化壓力而對細胞造成毒性，誘發肝臟癌前期細胞型態改變、肝臟壞疽現象與醣原質病 (glycogenesis)，且會造成大鼠神經毒性與脊椎神經病變，並提高胚胎致畸性，使得大鼠胚胎產生心室不正、等神經管缺陷、前腦、內臟與尾巴發育不全等情形外，二溴乙酸會提高雌激素濃度，而誘發下視丘分泌排卵黃體激素。氯化消毒副產物之一的鹵化乙腈類

(dichloroacetonitrile, DCAN) 可在體內經由氧化代謝生成氰化物與自由基而誘發細胞凋亡、基因毒性、組織損傷與致癌性等相關反應。而以過醋酸消毒後之飲用水與次氯酸鈉與二氧化氯組比較，發現過醋酸消毒處理所生成之 DBPs 種類較少且基因毒性較低，也較不會造成水庫中所畜養的斑馬貽貝之細胞 DNA 損傷。

一、前言

由於氯的高氧化力、成本低廉及操作簡單，因此許多消毒方法乃採用加氯消毒法，如在淨水廠採用加氯消毒以控制水質衛生指標，並利用其殘餘消毒劑的濃度控制配水管網中微生物之滋生，以確保供水品質的穩定性與安全性。飲用水以氯與二氧化氯處理為一經濟有效殺滅水中有機體之方法，在全世界公共衛生上有重大成效，在台灣自來水於淨化處理過程中經加氯處理之氯含量應符合「飲用水水質標準」規定之最大限制 (0.2~1.0 mg/L)。Rook 於 1974 年指出以氯消毒處理過後之自來水經檢測後發現含有總三鹵甲烷 (trihalomethanes, THMs) 與其它鹵化物，合稱為消毒副產物 (disinfection by-products, DBPs)。於消毒過程中自由餘氯與水中有機物反應形成消毒副產物，而消毒副產物中主要以 THMs 為主，佔 DBPs 的 60%，而鹵化乙酸類 (haloacetic acids, HAAs) 為輔佔 20% (表 1) (Pourmoghaddas and Stevens, 1995)，加氯程序所衍生的有機鹵化

物尚包含鹵化乙腈類 (haloacetonitriles, HANs)、鹵化酮類 (haloketones, HKs)、鹵酚類 (halophenols)、鹵化醛類 (haloaldehydes)、鹵化氰 (cyanogens halides)、氯氫類 (chloral hydrate)、氯化苦味素 (chloropicrin, CP) 等 (Singer, 1999)。消毒副產物經證實對動物或人體有致癌性疑慮 (表 2) (Gopal et al., 2007)，各國陸續在相關法規上對於淨水過程所生成 DBPs 的劑量訂有其最高限值 (Sadiq and Rodriguez, 2004)，目前國內對於氯化消毒副產物之管制有總三鹵甲烷一項，根據我國環保署公告最新國內飲用水質標準，自 2006 年 7 月 1 日起 THMs 濃度由 0.1 mg/L 降至 0.08 mg/L，自由有效餘氯含量為 0.2~1.0 mg/L，並增列臭氧消毒處理系統所生成之副產物溴酸鹽 (bromate) 濃度為 0.01 mg/L。

一般而言，影響水中消毒副產物之因子有：前驅有機物質之種類及濃度、pH 值、溫度、消毒劑濃度、反應時間與鹵化物之濃度。然而藉由動物一般的毒性試驗來瞭解化學物質之毒性結果，以所得之資料來應用於人類，有其可議之處，不應以偏概全 (Sim, 2002)。一般社會大眾除了藉由水與食物由口攝取外，亦會經由呼吸道與皮膚吸收後進入人體中，舉凡沐浴、烹調與游泳皆有可能藉由以上三種路徑進入人體 (Hsu et al., 2001)，所以欲闡明飲用水中消毒產物對人體之健康危害，在此將針對飲用水中消毒副產物之相關流行病學研究與主要消毒副產物三鹵甲烷類、鹵化乙酸類與鹵化乙腈類之毒性做一探討。

二、飲用水中消毒副產物之相關流行病學研究

自來水在淨水場加氯消毒的過程中，水中的有機物會和氯反應，形成三鹵甲烷。主要的生成物包括三氯甲烷 (trichloromethane, TCM)、一溴二氯甲烷 (bromodichloromethane, BDCM)、二溴一氯甲烷 (dibromochloromethane, DBCM) 與溴仿 (bromoform, TBM)，此四者合稱總三鹵甲烷。台灣飲用水之消毒處理以加氯處理為主要方法，至 1994 到 1997 年間從台灣北、中、南三地自來水處理供應廠收集原水與經氯消毒處理之水，監測台灣平均 THMs 之濃度，經氯消毒處理後之水中所含三氯甲烷為 14.2~27.6 $\mu\text{g/L}$ ，一溴二氯甲烷為 3.24~6.35 $\mu\text{g/L}$ ，二溴一氯甲烷為 0.63~4.19 $\mu\text{g/L}$ ，溴仿為 0.08~0.68 $\mu\text{g/L}$ 。在中台灣 THMs 之濃度是 18.4 $\mu\text{g/L}$ 為最低的，南台灣 THMs 之濃度則是 38.5 $\mu\text{g/L}$ 為最高的，且以三氯甲烷為 THMs 中主要物質 (Hsu et al., 2001)。王等自 1999 年 3 月至 2001 年 1 月，於 23 縣市採取自來水水樣，三鹵甲烷及各組成份之濃度。245 個自來水水樣中，211 個水樣檢出三鹵甲烷，檢出率 86.1%，陽性樣品總平均濃度 15.9 $\mu\text{g/L}$ (0.41-131 $\mu\text{g/L}$)，僅澎湖縣 1 個樣品三鹵甲烷濃度超出當時我國飲用水水質標準 (100 $\mu\text{g/L}$)。

Yang 等人 (1998) 研究台灣地區飲用水加氯處理與任一種癌症發生風險的相關性，自台灣 361 個行政區 (鄉、鎮、市) 中剔除 30 個原住民行政區、9 個離島地區與 12 個高度城市化與人口密集之台北市行政區，經刪除不同生活型態與都市化程度之因素影響後剩 310 個行政區供分析，再由其中挑選相同都市化程度之行政區，分別劃分 14 個行政區為 95% 以上居民飲用經台灣省自來水公司氯化處理所供應之飲用水 (chlorinating

municipality, CHMs); 另外選用 14 個行政區為 5% 以下居民飲用經氯化處理之飲用水 (nonchlorinating municipality, NCHMs)。自 1982~1991 年間, 依據平均十萬人經年齡調整過的癌症致死率, 統計 CHMs 與 NCHMs 中不同致癌部位與性別之相對關係, 由統計結果發現男性飲用經氯化處理所供應之飲用水, 會提高直腸、肺、膀胱、肝與腎部位之致癌率; 女性則為直腸、肺、膀胱與腎部位之致癌風險提高。

於 1994 至 1996 年間, 自台灣 361 個行政區中劃分 113 個 CHMs (174,719 位) 與 15 個 NCHMs (8,077 位) 間, 彙整共 182,796 位懷孕第一胎之婦女, 由統計結果顯示, CHMs 之婦女發生不足月生產 (preterm delivery) 情形為 4.55%, 明顯大於 NCHMs 之婦女 (3.40%), 高出 1.37 比率 (Yang, 2004)。而在瑞典飲用水中 DBPs 與流行病學研究報告指出, 58,669 位婦女之新生嬰兒有 753 位為患有先天性心臟缺陷之疾病, 由統計結果顯示以二氧化氯與次氯酸作為飲用水消毒處理與新生兒患有先天性心臟缺陷疾病間有緊密關係, 發生比率為 1.61 且明顯高於單獨次氯酸消毒處理組, 並與 THMs 呈現劑量反應相關性, 而與硝酸鹽濃度無相關性 (Cedergren et al., 2002)。

Tokmak 等 (2004) 自土耳其首都安卡拉 (Ankara) 檢測飲用水中 THMs 含量雖皆低於美國國家環境保護局 (United State Environmental Protection Agency, USEPA) 訂定安全飲用水中 THMs 最大可容許含量為 80 $\mu\text{g/L}$ 與歐盟 (European Union, EU) 的 100 $\mu\text{g/L}$, 但每年仍有五百萬分之一的安卡拉居民因每日飲用經氯化消毒處理之飲用水而得

到癌症的機率, 且主要是藉由經口攝取入 THMs 中的三氯甲烷為主要原因。含氯之飲用水與特殊部位癌症致死率有可能之相關性, 推測可能當 THMs 其進入人體以後, 立刻被吸收, 成為二氧化碳、氯離子及碳醯氯等代謝物質, 使中樞機能減退, 促成神經毒性、肝臟毒性, 腎臟毒性, 催畸形性及致癌性等反應 (Komulainen, 2004)。

三、飲用水中消毒副產物之毒性探討

(一) 三鹵甲烷類

DBPs 相關的毒理與致癌作用研究指出二溴一氯甲烷 (DBCM) 則會使小鼠肝臟形成腫瘤, 三氯甲烷 (TCM) 會造成大鼠腎臟癌, Larson 等人 (1993) 亦分別以 0, 34, 180, 477 mg/kg 之三氯甲烷 (TCM) 混入玉米油中以口餵管灌食雄性大白鼠, 24 小時進行解剖與分析, 玉米油控制組無腎、肝損傷現象, 而 TCM 給予組觀察到對雄性大白鼠腎損傷有劑量反應相關性, 34 mg/kg 劑量組有將近 10% 的腎皮質層小管壞死, 180 mg/kg 劑量組由腎臟組織切片圖中觀察到約 25~50% 腎臟近端彎曲小管產生壞死現象, 477 mg/kg 劑量組近乎全部腎臟近端彎曲小管壞死。477 mg/kg 劑量組由肝臟組織切片圖中觀察到氯仿對雄性大白鼠有輕微毒性, 使中葉肝細胞型態改變產生膨潤發炎現象。在血液指標 SDH (sorbitol dehydrogenase)、ALT (alanine aminotransferase)、AST (aspartate aminotransferase) 有劑量反應相關性。在所有 DBPs 中 THMs 的三氯甲烷最受到重視, 因消毒副產物中主要以 THMs 為主, 佔 DBPs 的 60%, 而三氯甲烷又為 THMs 中主要物質, 且已被證實有致癌性 (Hsu et al., 2001)。

DeAngelo 等人 (2002) 以各含 0.36 g/L 之三氯甲烷 (TCM)、0.51 g/L 之一溴二氯甲烷 (BDCM)、0.63 g/L 之二溴一氯甲烷 (DBCM) 和 0.77 g/L 之溴仿 (TBM) 的飲用水連續提供大鼠自由飲用 13 週，並以 30 mg/Kg 之 azoxymethane (AOM) 腸癌誘發劑作為結腸癌前期病變陽性對照組，以上述之三鹵甲烷與 AOM 作為飲用水條件之大鼠，其飲水攝取量明顯低於控制組 62 ~ 70%，最終體重則皆無顯著差異，經對照飲水攝取量計算大鼠攝入上述之三鹵甲烷總量維持在 0.28 ~ 0.30 mM/Kg per day，誘發大鼠結腸腫瘤異常腺窩病灶 (aberrant crypt foci, ACF) 之百分比與 ACF 數目結果為：AOM, 100%, 27.17 ± 6.28 ; TCM, 16.7%, 0.17 ± 0.17 ; BDCM, 83.3%, 1.50 ± 0.56 ; DBCM, 50%, 1.17 ± 0.65 ; TBM, 66.7%, 1.17 ± 0.40 ，由研究結果得知，THMs 中溴化甲烷類較易誘發大鼠結腸癌前期病變 ACF (圖 1)。

高脂飲食生活為誘發大腸、直腸與結腸癌症之因素之一，餵食高脂飼料與含 TBM 之飲用水大鼠，誘發結腸 ACF 數目高於餵食正常飼料與含 TBM 之飲用水組大鼠的兩倍 (圖 2) (Geter et al., 2004)。由流行病學調查與研究結果顯示出長期飲用含消毒副產物之飲用水會提高人類發生結、直腸癌之可能性，一般腸道內微生物菌相會受到外來物刺激活化而產生改變，George 等人 (2004) 以含不同消毒副產物之飲用水連續餵食十週齡大的雄性大鼠十七週，經對照飲水攝取量計算大鼠共個別攝入 23.1 ± 3.0 mg/kg/day 之溴化鉀 (potassium bromate)、 102.1 ± 2.6 mg/kg/day 之氯仿、 35.0 ± 1.4 mg/kg/day 之 BDCM 與 4.2 ± 0.4 mg/kg/day 之

3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone (MX)，混合組攝取量為：potassium bromate 19.6 ± 1.6 , chloroform 96.6 ± 8.1 , MX 4.3 ± 0.7 , BDCM 32.3 ± 2.4 mg/kg/day。十七週後測定盲腸內氮還原? (nitroreductase, NR)、偶氮還原? (azoreductase, AR)、dechlorinase (DC)、 β -葡萄糖醛酸?? (β -glucuronidase, GLR)、 β -半乳糖?? (β -galactosidase, GAL) 與 β -葡萄糖??酶素 (β -glucosidase, GLU) 之活性，結果顯示各組處理組之 GLU 與 GLR 活性並不會被改變，而 BDCM 則會降低 DC 與 GAL 活性並提高 NR 與 AR 活性；飲用含上述個別之 DBPs 之大鼠盲腸內 GAL、AR 與 NR 之活性明顯改變，但混合飲用組則無影響；而氯仿、MX 與 BDCM 飲水組之 DC 活性明顯低於對照組。顯示出大鼠長期飲用含消毒副產物之飲用水會提高結、直腸癌之可能性，飲用水中消毒副產物會促使將腸道內的致癌原轉變成致癌物之酵素活性提高，使得外來物質易與 DNA 結合 (DNA adducts) 而增加外來物質對人體造成致癌之可能性。

葉酸 (folate) 屬與維生素 B 群的一份子，參與 DNA 的合成與修補，對於細胞的成長與再生是不可或缺的，缺乏葉酸證實與乳房、子宮頸、胰臟、腦與肺臟部位癌症有相關性 (Choi and Mason, 2000)，且動物實驗中亦指出缺乏葉酸飲食與直腸結腸癌症有高相關性 (Kim et al., 1996)，Geter 等人 (2005) 由動物試驗觀察到餵食不含葉酸飼料與含 TBM 之飲用水大鼠，明顯降低其血漿中葉酸與提高高半胱胺酸 (homocysteine) 含量，且誘發結腸 ACF 數目高於餵食正常飼料與含 TBM 之飲用水組大鼠，顯示均衡的維持葉酸



攝取可減少消毒副產物 TBM 誘發大鼠結腸癌前期病變 ACF。

已證實 BDCM 會造成大鼠肝與腎臟形成腫瘤 (George et al., 2002; Lock et al., 2004)，且會改變精子活動力與子代指骨發育不全，並使子代與母代皆有器官重量下降情形 (Bielmeier et al., 2001; Christian et al., 2002)。以口餵管餵食 BDCM 1.5 mg/ kg day 共 90 天可觀察到肝臟損傷情形，持續給予 3.9 mg/ kg day 劑量 2 年則可促使肝臟腫瘤形成，給予 39 mg/ kg day 劑量 1 年則會毒害精子 (George et al., 2002; Kinefelter et al., 1995)。在 BDCM 對神經毒害影響部分，Moster 等 (2007) 連續 6 個月提供含有 BDCM 之飲水給 F-344 大鼠，經對照飲水量得知分別平均攝取約 9、27 和 72 mg/ kg day 之 BDCM，各組飲水攝取量明顯低於控制組，僅在最高濃度組有體重下降情形，且指出 BDCM 不會如同 dibromoacetic acid (DBA) 會使脊神經衰退與脊神經細胞空泡化現象。自來水中所含消毒副產物含量調查報告中所偵測到的 BDCM 可接近到 50 μ g/L，但一般皆小於 10 μ g/L (Backer et al., 2000; Weisel et al., 1999)，所以 Moster 等 (2007) 指出鹵烷類消毒副產物不像鹵化乙酸類般具有造成嚴重神經性毒害作用之危害。

(二) 鹵化乙酸類

目前已知的消毒副產物以 THMs 的影響最受重視，鹵化乙酸類 (haloacetic acids, HAAs) 為飲用水中次要消毒副產物之一，其對人體之危害尚未全部被明確確認，Law 等 (1998) 利用可快速繁殖、成本低，且對致癌物質有感受性之日本鯽魚 (Japanese medaka, *Oryzias latipes*) 作為實驗模型，將六週齡之

日本鯽魚先行暴露於肝癌誘發劑 50 mg/L 的二乙亞硝胺 (diethylnitrosamine, DEN) 48 小時，隨後暴露於含有 0.5 或 2.0 g/L 之 dichloroacetic acid (DCA) 的水域中，由快速誘導致肝癌動物模式之試驗中得知，DEN + 2.0 g/L DCA 72 小時組僅出現肝臟細胞質微小空泡化現象，細胞核仍均勻散佈於中心處，肝竇狀隙間無壓縮情形，暴露兩週後日本鯽魚之肝臟細胞質空泡化現象顯著增加，暴露三週期之組織切片圖顯示，肝囊表面呈現不規則與造成肝臟細胞質巨大不規則之空泡化等病灶，且以過碘酸 (periodic acid Schiff, PAS) 染色後觀察到類似肝醣蓄積之情形，隨後以澱粉醣化酵素作用可成功移除肝醣，證實短暫暴露於 DCA 下會誘發肝臟癌前期細胞型態改變、肝臟壞疽現象與醣原質病 (glycogenosis) (圖 3)。另外，未經 DEN 誘發而僅暴露於 0.5 g/L DCA 三週期之日本鯽魚肝組織切片圖，亦可觀測到細胞質空泡化、細胞腫大現象與肝竇狀隙間壓縮之情形。

另將 8 ~ 32 mM 之 DCA 與 trichloroacetic acid (TCA) 分別與巨噬細胞作用 24、36 與 60 小時後，得知 DCA 與 TCA 在 16 mM 以上與作用時間 36 小時以上時，細胞存活率明顯下降 (圖 4)，並且代表細胞死亡指標之一的乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH) 與超氧陰離子 (superoxide anion, SA) 量增加，學者推論雖然一般飲用水中 DCA 與 TCA 濃度低於實驗條件之濃度，但飲用水中 DCA 與 TCA 之消毒副產物可能會增加氧化壓力而對細胞造成毒性 (Hassoun and Ray, 2003)。

動物試驗研究報告亦指出 DCA 與 dibromoacetic acid (DBA) 會造成大鼠功能性神經毒性與脊椎神經病變 (Moser et al.,

2004)。個別評估不同濃度下的 DCA、DBA、bromochloroacetic acid (BCA) 與三者混合時，作用於已懷孕 9.5 天大鼠胚胎 48 小時後，以發育指數 (developmental score, DEVSC) 來作為對大鼠胚胎致畸性與毒性之影響指標，研究結果顯示，DBA、BCA、DCA 皆會造成畸形與發育遲緩現象且呈現劑量反應相關性，200 μM 以上之 DBA 明顯增加胚胎致畸性發生率，且 300 μM 以上明顯降低 DEVSC 值，而在 400 μM 以上之 DBA 亦同時伴隨著胚胎死亡率增加、體節數 (somite number) 與頭部長度明顯減少之情形，而 BCA 對大鼠胚胎之影響則與 DBA 相似，使得大鼠胚胎產生心室不正、等神經管缺陷、前腦、內臟與尾巴發育不全等情形 (圖 5)，DCA 則僅在 2,500 μM 以上之濃度提高大鼠胚胎致畸性 (Andrews et al., 2004)。

雌激素 (estrogen) 的分泌可以提高黃體激素突釋 (luteinizing hormone surge, LH surge)，當雌素二醇 (estradiol, E2) 含量維持數小時的高峰期將促使 LH surge，而下視丘 (hypothalamus) 可說是神經系統與內分泌系統之間的橋樑，在此循環當下視丘接受到激素所傳入的訊息後，便會分泌下視丘分泌促性腺激素釋放激素 (Gonadotropin Releasing Hormone, GnRH) (Levine, 1997)，而 DMDC (dimethyldithiocarbamate) 已被證實可以阻礙 LH surge 而抑制排卵 (Goldman et al., 1997)。而 DBA 會提高懷孕初期八週大鼠血清中的 E2 含量 (Cummings and Hedge, 1998)，在連續 14 天中給予未懷孕大鼠超過 30-270 mg/kg 之 DBA，發現到 DBA 亦會增加處於發情期動物的 E2 含量 (Goldman and Murr, 2003)，進一步研究得知 DBA 在提高總

雌激素濃度上呈現劑量相關性，因而減少 DMDC 阻礙 LH surge 之情形，顯示出 DBA 會提高雌激素濃度，而誘發下視丘分泌排卵黃體激素 (Goldman et al., 2007)，需注意急速上升的 E2，反而會誘發回饋作用使得腦下垂體分泌排卵黃體激素提早進入分泌高峰 (premature LH surge)，導致卵泡成熟失敗。

(三) 鹵化乙腈

鹵化乙腈類 (haloacetonitriles, HANs) 除了藉由存在經氯化消毒處理之自來水中而被人體攝入外，飲用含有殘留氯之飲用水亦會導致 dichloroacetonitrile (DCAN) 與 dibromoacetonitrile (DBAN) 於體內形成，鹵化乙腈類雖未被列為毒性物質，然而在安氏試驗法中卻顯示有致突變性之可能，且已知 HANs 於大鼠體內可被代謝成氰化物 (cyanide) (Pereira et al., 1984)，並會造成大鼠腸胃道損傷與小鼠皮膚腫瘤形成 (Bull et al., 1985)。Muller-Pillet 等 (2000) 指出 DBAN 會使哺乳類動物細胞 DNA 損傷。Poon 等 (2003) 連續 13 週分別提供 Sprague-Dawley 品系大鼠含有 0.1、1、10 和 100 ppm 之 DBAN 的飲用水，最高劑量 100 ppm 之 DBAN 組之雄性與雌性大鼠飲水量分別少於控制組 25 和 32% ($P < 0.05$)，至於在食物攝取量與體重於各組間則無差異，最高劑量 100 ppm 之 DBAN 組之雄性與雌性大鼠腎體比明顯增加且甲狀腺與骨髓組織切片有異常現象，且在雄性大鼠血清與尿液中尿酸含量下降，代表體內脂質過氧化現象存在。無觀察到任何毒性反應最大濃度為 10 ppm 之 DBAN 組，換算其無毒性作用量 (no observed adverse effect level, NOAEL) 為雄性大鼠 1.11 mg/kg day 與雌性大鼠 1.21 mg/kg day。



Ahmed 等人 (2000) 以 $100 \sim 400 \mu\text{M}$ 之 DCAN 作用於巨噬細胞上，得知 DCAN 會誘發巨噬細胞產生過渡態活性氧化物質 (reactive oxygen intermediates, ROI)，並促使巨噬細胞分泌腫瘤壞死因子 (tumor necrosis factor, $\text{TNF-}\alpha$) 增加氧化壓力而引起細胞損傷現象，而麩胺基硫 (glutathione, GSH) 扮演清除 ROI 之重要角色，而逐漸生成氧化態麩胺基硫 (glutathione disulphide, GSSG)，使得 GSSG/GSH 比值增加。添加 DCAN 於巨噬細胞上培養 4 小時後觀察，DCAN 明顯造成核濃縮、細胞收縮等巨噬細胞型態改變之情形，並誘發細胞凋亡現象；並造成 DNA 降解情形和細胞死亡指標之 LDH 上升，細胞存活率隨之降低，皆與 DCAN 呈現劑量反應相關性。Mohamadin (2001) 提出 DCAN 可在生物體中活性氧物質 (reactive oxygen species, ROS) 調節系統被氧化，使 DCAN 經生物活化作用後而具有基因毒性，學者藉由 Fenton reaction 推測 DCAN 的氧化代謝路徑，於自由基與金屬離子存在下可經由 Fenton reaction 產生 cyanide (CN^-)，推測生物體中 ROS 促使 DCAN 被氧化而進一步增加氧化壓力而引起誘發細胞凋亡、基因毒性、組織損傷與致癌性等相關反應 (圖 6)。

近三十年來相關研究報告已指出，消毒淨化完了後之飲用水中約有五百多種相關消毒副產物，日常生活中人類並非暴露於單一消毒副產物化合物，而是暴露於 DPBs 混合物，故以單一化學物質進行動物毒理試驗，並無法明確證明 DPBs 對人類健康之危害。所以 Bolognesi 等人 (2004) 遂自義大利泰斯曼諾湖水庫分別取二、六與十月份之湖水，分別經過二次沈降與過濾前處理步驟後，個

別添加三種現今常用的次氯酸鈉 (sodium hypochlorite, NaClO)、二氧化氯 (chlorine dioxide, ClO_2) 與過醋酸 (peracetic acid, PAA) 之消毒劑後，進行斑馬貽貝 (zebra mussel, *Dreissena polymorpha*) 蓄養，每天監控兩次所含消毒劑量，取斑馬貽貝之血液細胞供細胞彗星試驗 (comet assay) 與鰓部來供微核試驗 (micronucleus assay) 分析用。細胞彗星試驗可用來評估 DNA 損傷的參數：尾動量 (tail moment)。當細胞 DNA 受到傷害而斷裂時，斷裂的片段因為分子較小，因而在電泳槽中藉由正負極電流的牽引而移動，染色後顯現的亮點如同彗星般拖出長長的尾巴。相對於未受傷的 DNA 因為分子較大而在電泳槽中不會移動，因此可藉由移動的距離來評估 DNA 損傷的情形。

以 PAA 作為消毒劑與原水組比較，研究顯示兩者間之尾動量無差異，表示以 PAA 消毒後並不會造成 DNA 損傷，而 NaClO 與 ClO_2 組之尾動量低於原水組之因素，推測為斑馬貽貝正在進行解毒程序而降低 DAN 損傷情形或亦 DAN 損傷同時被誘發中；細胞傷害初期階段會形成微細胞核，微核頻率 (micronuclei frequency, MF) 可作為基因毒物暴露之早期生物效應指標。 NaClO 與 ClO_2 組之微核頻率值明顯高於原水組與 PAA 組，所以 PAA 消毒後之飲用水與 NaClO 與 ClO_2 組比較，發現較不會造成斑馬貽貝細胞 DNA 損傷。Guzzella 等 (2004) 以同樣水源進行不同消毒處理後，以氣相層析質譜儀分析得知經 NaClO 與 ClO_2 消毒處理後所生成之 DBPs 種類較 PAA 多，且基因毒性亦高於 PAA 消毒組。

四、結語

為要確保大眾飲用經氯化消毒處理之飲水安全性，因而訂定飲用水水質標準或方針，世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 以對人體健康不致造成顯著之不利風險情況下，提出飲用水中所含的消毒副產物基準值 (guideline values) (表 3)，供各國參考 (Gopal et al., 2007)。USEPA 於 1979 年訂定安全飲用水中 THMs 最大可容許含量為 $100 \mu\text{g/L}$ ，於 2001 年提高標準修正 THMs 最大可容許含量為 $80 \mu\text{g/L}$ ，五種鹵化乙酸之總量訂定為 $60 \mu\text{g/L}$ (mono-, di-, and trichloroacetic acids and mono and dibromoacetic acids)，而溴酸鹽定為 $10 \mu\text{g/L}$ (Sadiq and Rodriguez, 2004)。我國環保署亦於 2006 年 7 月 1 日起將 THMs 濃度標準由 0.1 mg/L 降至 0.08 mg/L ，並增列臭氧消毒處理系統所生成之副產物溴酸鹽 (bromate) 濃度為 0.01 mg/L ，以維護民眾飲用水品質。

將自來水煮沸 5 分鐘可去除將近 95% 之 THMs 且幾乎偵測不到 HAAs，其他的 HANs、鹵化酮類與氯氫類等 DBPs 在沸騰 1 分鐘後約可減少 90% (Krasner and Wright, 2005; Wu et al., 2001)，建議一般大眾將自來水煮沸後開蓋保持沸騰 5 分鐘，可以降低致癌風險度。

五、參考文獻

1. Ahmed, A. E., Aronson, J. and Jacob, S. 200. Induction oxidative stress and TNF- α secretion by dichloroacetonitrile, a water disinfection by-product, as possible mediator of apoptosis or necrosis in a murine macrophage cell line (RAW). *Toxicology in vitro*, 14: 199-210.
2. Andrews, J. E., Nichols, H. P., Schmid, J. E., Mole, L. M., Hunter, E. S. and Klinefelter, G. R. 2004. Developmental toxicity of mixtures: the water disinfection by-products dichloro-, dibromo- and bromochloro acetic acid in rat embryo culture. *Reproductive Toxicology*, 19: 111-116.
3. Backer, L. C., Ashley, D. L., Bonin, M. A., Cardinali, F. L., Kieszak, S. M. and Wooten, J. V. 2000. Household exposures to drinking water disinfection by-products: whole blood trihalomethane levels. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 10: 321-326.
4. Bielmeier, S. R., Best, D. S., Guidici, D. L. and Narotsky, M. G. 2001. Pregnancy loss in the rat caused by bromodichloromethane. *Toxicological sciences*, 59: 309-315.
5. Bolognesi, C., Buschini, A., Branchi, E., Carboni, P., Furlini, M., Martino, A., Monteverde, M., Poli, P. and Rossi, C. 2004. Comet and micronucleus assays in zebra mussel cells for genotoxicity assessment of surface drinking water treated with three different disinfectants. *Science of the Total Environment*, 333: 127-136.
6. Bull, R. J., Meier, J. R., Robinson, M., Ringhand, H. P., Laurie, R. D. and Stober, J. A. 1985. Evaluation of mutagenic and carcinogenic properties of brominated and chlorinated acetonitriles: By-products of chlorination. *Fundamental and applied toxicology*, 5: 1065-1074.
7. Cedergren, M. I., Selbing, A. J., Lofman, O. and Kallen, B. A. J. 2002. Chlorination byproducts and nitrate in drinking water and risk for congenital cardiac defects. *Environmental Research Section A*, 89: 124-130.
8. Choi, S. W. and Mason, J. B. 2000. Folate and carcinogenesis: An integrated scheme. *Journal of Nutrition*, 130: 129-132.

- 9.Christian, M. S., York, R. G., Hoberman, A. M., Fisher, L. C. and Brown, W. R. 2002. Oral (drinking water) two-generation reproductive toxicity study of bromodichloromethane (BDCM) in rats. *International Journal of Toxicology*, 21: 115-146.
- 10.Cummings, A. M. and Hedge, J. M. 1998. Dibromoacetic acid does not adversely affect early pregnancy in rats. *Reproductive toxicology*, 12:445-448.
- 11.DeAngelo, A. B., Geter, D. R., Rosenberg, D. W., Crary, C. K. and George, M. H. 2002. The induction of aberrant crypt foci (ACF) in the colons of rats by trihalomethanes administered in the drinking water. *Cancer Letters*, 187: 25-31.
- 12.George, M. H., Olson, G. R., Doerfler, D., Moore, T., Kilburn, S. and DeAngelo, A. B. 2002. Carcinogenicity of bromodichloromethane administered in drinking water to Male F344/N Rats and B6C3F1 mice. *International journal of toxicology*, 21: 219-230.
- 13.George, S. E., Wolf, D. C., Brooks, L. R., Bailey, K. C., Hooth, M. J. and Nelson, G. M. 2004. Changes in cecal microbial metabolism of rats induced by individual and a mixture of drinking water disinfection by-products. *Cancer Letters*, 204: 15-21.
- 14.Geter, D. R., George, M. H., Moore, T. M., Kilburn, S. R., Clark, G. H. and DeAngelo, A. B. 2004. The effects of a high animal fat diet on the induction of aberrant crypt foci in the colons of male F344/N rats exposed to trihalomethanes in the drinking water. *Toxicology Letters*, 147: 245-252.
- 15.Geter, D. R., Moore, T. M., George, M. H., Kilburn, S. R., Allen, J. W., Nelson, G. M., Winkfield, E. and Deangelo, A. B. 2005. Tribromomethane exposure and dietary folate deficiency in the formation of aberrant crypt foci in the colons of F344/N rats. *Food and Chemical Toxicology*, 43: 1405-1412.
- 16.Goldman, J. M. and Murr, A. S. 2003. Dibromoacetic acid-induced elevations in circulating estradiol: effects in both cycling and ovariectomized/steroid-primed female rats. *Reproductive toxicology*, 17:585-592.
- 17.Goldman, J. M., Murr, A. S., Buckalew, A. R., Ferrell, J. M. and Cooper, R. L. 2007. Moderating influence of the drinking water disinfection by-product dibromoacetic acid on a dithiocarbamate-induced suppression of the luteinizing hormone surge in female rats. *Reproductive toxicology*, 23: 541-549.
- 18.Gopal, K., Tripathy, S. S., Bersillon, J. L. and Dubey, S. P. 2007. Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water. *Journal of Hazardous Materials*, 140: 1-6.
- 19.Guzzella, L., Monarca, S., Zani, C., Feretti, D., Zerbini, I., Buschini, A., Poli, P., Rossi, C., Richardson, S. D. 2004. In vitro potential genotoxic effects of surface drinking water treated with chlorine and alternative disinfectants. *Mutation Research*, 564:179-193.
- 20.Hassoun, E. A. and Ray, S. 2003. The induction of oxidative stress and cellular death by the drinking water disinfection by-products, dichloroacetate and trichloroacetate in J774.A1 cells. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 135: 119-128.

表 1 加氯程序所衍生之主要消毒副產物^(Pourmoghaddas and Stevens, 1995)

1. Total organic halogen (TOX)	
2. Trihalomethanes (THMs)	
Trichloromethane (TCM)	CHCl ₃
Dichlorobromomethane (DCBM)	CHBrCl ₂
Dibromochloromethane (DBCM)	CHBr ₂ Cl
Tribromomethane (TBM)	CHBr ₃
3. Haloacetic acids (HAAs)	
Monochloroacetic acid (MCAA)	CH ₂ Cl-CO ₂ H
Dichloroacetic acid (DCAA)	CHCl ₂ -CO ₂ H
Trichloroacetic acid (TCAA)	CCl ₃ -CO ₂ H
Monobromoacetic acid (MBAA)	CH ₂ Br-CO ₂ H
Dibromoacetic acid (DBAA)	CHBr ₂ -CO ₂ H
Tribromoacetic acid (TBAA)	CBr ₃ -CO ₂ H
Bromochloroacetic acid (BCAA)	CHBrCl-CO ₂ H
Dibromochloroacetic acid (DBCAA)	CBr ₂ Cl-CO ₂ H
Bromodichloroacetic acid (BDCAA)	CCl ₂ Br-CO ₂ H

表 2 氯化消毒副產物對健康之危害^(Gopal et al., 2007)

Class of DBPs	Compounds	Health effects
Trihalomethanes (THM)	Chloroform	Cancer, liver, kidney and reproductive effects
	Dichlorobromomethane	Nervous system, liver, kidney and reproductive effects
	Bromodichloromethane	Cancer, liver, kidney and reproductive effects
	Bromoform	Cancer, liver, kidney and reproductive effects
Haloacetonitrile (HAN)	Trichloroacetonitrile	Cancer, mutagenic and clastogenic effect
Halogenated aldehydes and ketones	Formaldehyde	Mutagenic
Halophenol	2-Chlorophenol	Cancer and tumor promoter
Haloacetic acids (HAA)	Dichloroacetic acid	Cancer and reproductive and developmental
	Trichloroacetic acid	Liver, kidney, spleen and developmental effects



表 3 飲用水中氯化消毒副產物之建議基準值^(Gopal et al., 2007)

Chlorination byproducts	WHO guideline value $\mu\text{g/L}$
Trihalomethanes	
Chloroform	200
Bromodichloromethane	60
Bromoform	100
Dibromochloromethane	100
Haloacetic acid	
Dichloroacetic acid	50
Trichloroacetic acid	100
Haloacetonitriles	
Dichloroacetonitrile	90
Halocarbonyl compounds	
Chloral	10



圖 1 二溴一氯甲烷飲用水連續餵食大鼠 13 週後
誘發性結腸腫瘤異常腺窩病灶^(DeAngelo et al., 2002)
(magnification 1650 X)

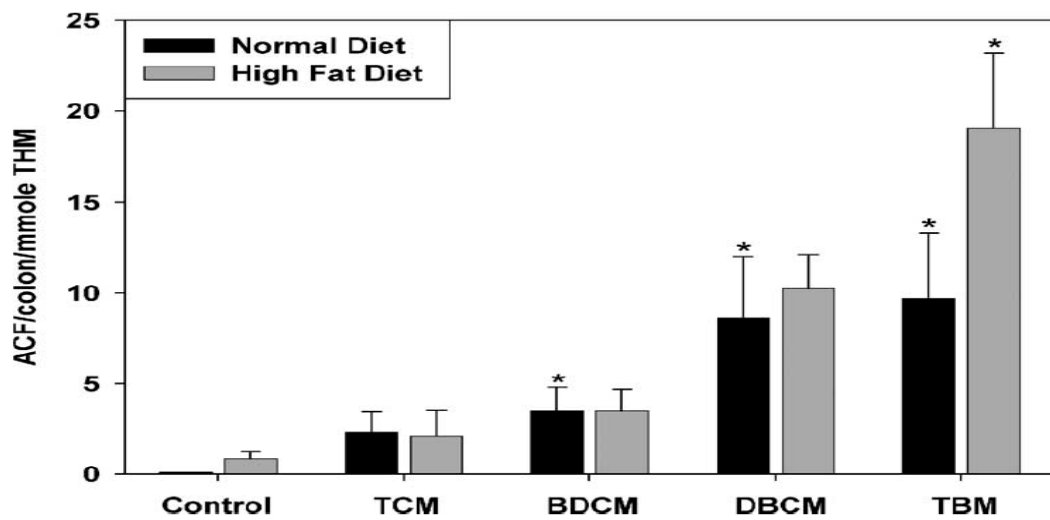


圖 2. 評價高脂飲食與含三鹵甲烷之飲用水對誘發
大鼠結腸腫瘤異常腺窩病灶之情形^(Geter et al., 2004)

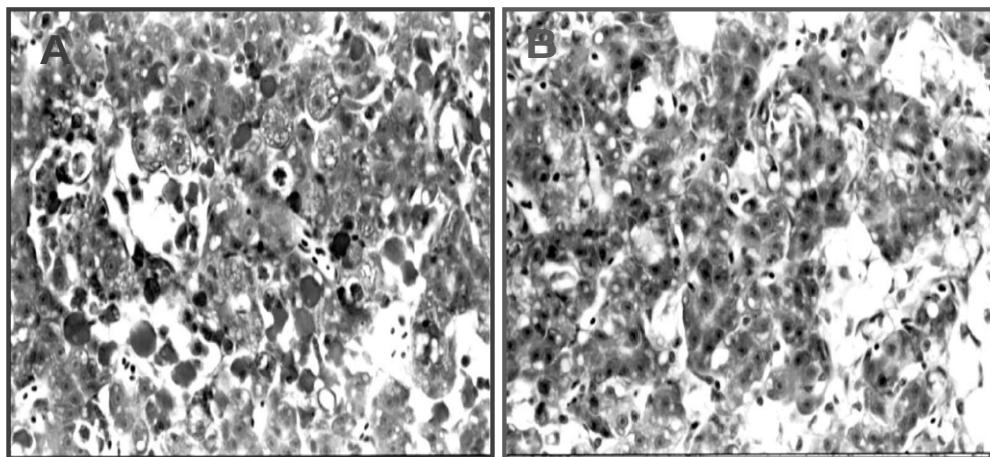


圖 3 日本鯽魚暴露於 2.0 g/L dichloroacetic acid (DCA) 水域中，
三週後肝組織肝醣蓄積情形之組織切片^(Law et al., 1998)

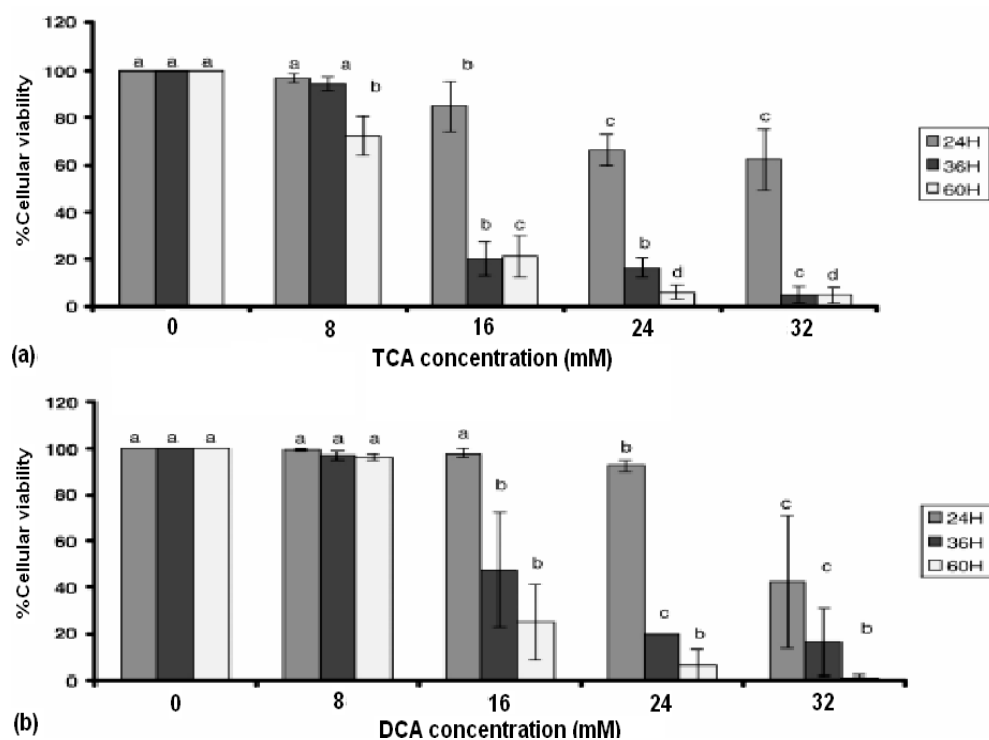


圖 4 不同濃度與作用時間之 trichloroacetic acid (TCA) 與 dichloroacetic acid (DCA) 對巨噬細胞存活率之變化 (Hassoun and Ray, 2003)

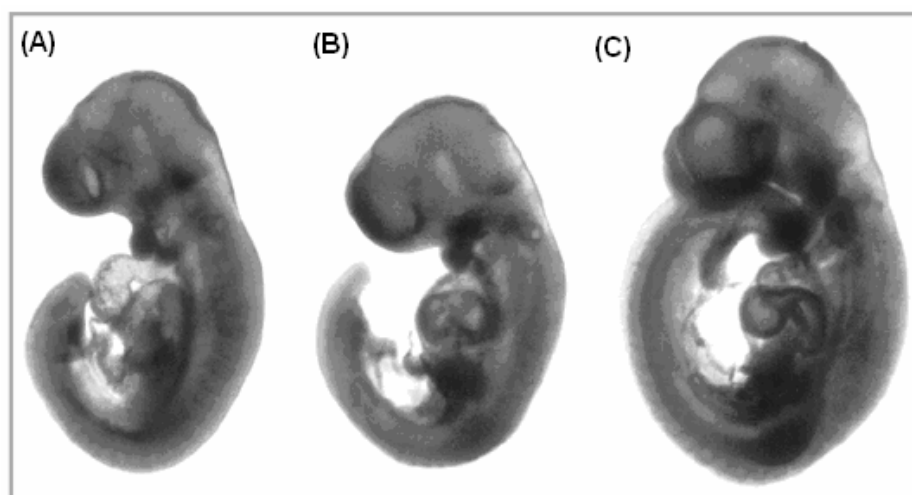


圖 5. 評估不同濃度下之鹵化乙酸對已懷孕 9.5 天之大鼠胚胎之致畸性 (Andrews et al., 2004)

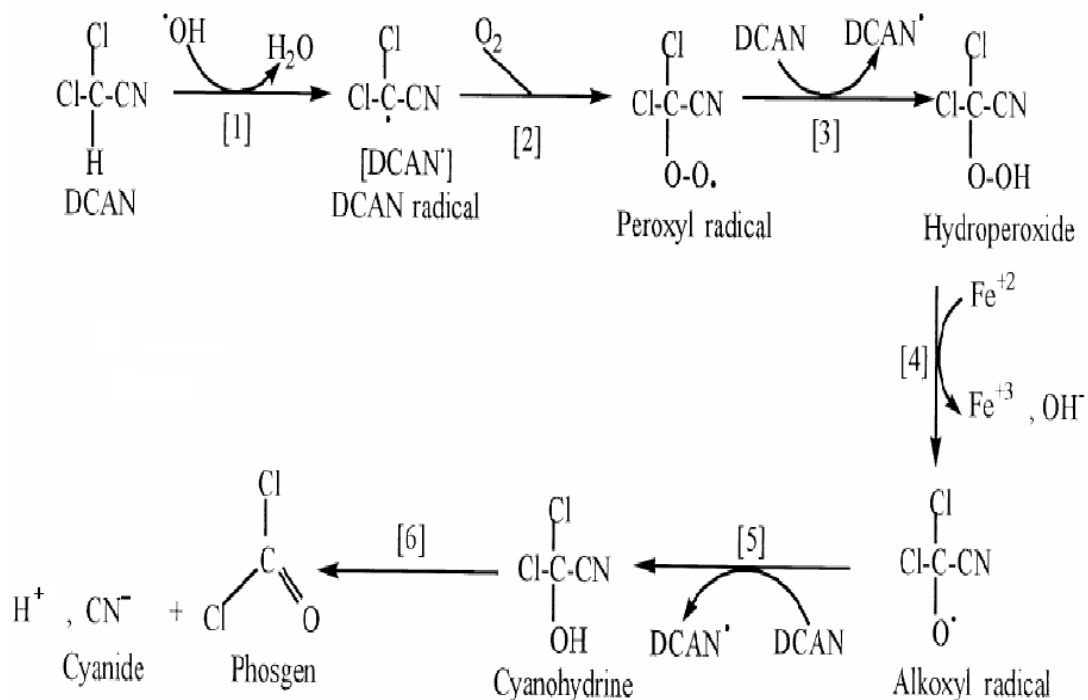


圖 6. Dichloroacetonitrile (DCAN) 經由 Fenton reaction 而氧化之路徑 (Mohamadin, 2001)

作者簡介

黃鈺茹小姐

現職：國立澎湖科技大學食品科學系助理教授

專長：食品毒物學、食品檢驗分析、食品化學

黃登福

國立台灣海洋大學食品科學系教授

專長：海洋毒物學、食品毒物學、環境毒物學



淨水處理可行對治方法

文/謝啟男

原水中不純物概分為三類，即微生物類、物理類及化學類(含有機物及無機物)，自來水水質標準即依此三類定其容許限值。原水中不純物超過容許限值者，必須加以淨

化處理，達到自來水水質標準，才能送配用戶使用。

依自來水水質標準項目順序，限值及其可行對治方法彙整如下表，供從業人員參考。

表 1 淨水處理可行對治方法

分類	項目	國內現行標準 92 年 8 月	可行對治方法
微生物類	大腸桿菌群密度(月平均值)	1.0(MPN 或 CFU/100ML)	CFD 可去除 99.99%(4Log)以上，但要注意 CT 值必須足夠，且處理後清水濁度要小於 1NTU
	大腸桿菌群密度(單一水樣)	(1)多管發酵法 6.0(MPN/100ML) (2)濾膜法 6.0(CFU/100)	
	總菌落數(單一水樣)	100(CFU/ML)	
物理類	濁度	(1)水源濁度 < 500NTU 時要達到 2NTU。 (2)水源濁度 500~1500NTU 時要達到 10NTU。 (3)水源濁度 > 1500NTU 時要達到 30NTU	CFD 但在高濁度時〔超過原設計處理能力〕需設置大型沉砂池，或除砂及除濁設備或另覓替代水源，使原水濁度降到設計處理能力。如無前置設備，則在濁度超過 3000NTU 時，建議應予關廠。
	色度	5 鉑鈷單位	(1)CFD 使用鋁鹽為混凝劑時，要先把 PH 調降至 5.0~5.5 後再加鋁鹽。 (2)配合 CFD 使用 O ₃ 及 GAC。 (3)當原水具低鹼度及低濁度，可使用磁落程序(Sirofloc process)唯以模廠驗證後為。
物理類	臭度	初嗅數 3	(1)曝氣(對硫化氫或其他 VOC 所產生之臭味)+CFD。 (2)氧化(用 Cl ₂ ，ClO ₂ ，KMnO ₄ ，或 O ₃) + CFD。
	味道	無異味	(3)O ₃ + CFD + GAC。 (4)光催化對藻類產生的臭味有 (5)CFD + 薄膜程序(MF，UF，NF)。



分類	項目	國內現行標準 92 年 8 月	可行對治方法
化學類	鉛(Pb)	0.05mg/L	(1)禁止使用鉛管及灌鉛接頭。 (2)調高 PH 到 8.0~8.5 及鹼度 50ppm 以上，以防止鉛溶解。
	硒(Se)	0.05 mg/L	
	砷(As)	0.05 mg/L	AA，CFD，IX，LS，RO，EDR
	鉻(Cr)	0.05 mg/L	CFD，LS，IX，RO，EDR
	鎘(Cd)	0.005 mg/L	CFD，IX，LS，RO
	銀(Ag)	0.05 mg/L	CFD，IX，LS，RO
	汞(Hg)	0.002 mg/L	CFD，GAC，LS，RO
	鐵(Fe)	0.3 mg/L	CFD，GAC，LS，RO
	錳(Mn)	0.05 mg/L	(1)曝氣氧化(加 Cl ₂ 或 KMnO ₄) + CFD(濾砂採用錳砂)。 (2)與有機物膠結複雜時，另解鐵、錳去除方法。
	銅(Cu)	1.0 mg/L	(1)調整出水 PH 在 8.0 及高鹼度水中，使朗氏指數為正值，以保護管壁。 (2)加化學抑制劑，諸如 polyphosphates，劑量為 2-4mg/l as P ₂ O ₅ ，Zinc orthophosphates 0.3~0.6mg/l as Zn，Sodium Silicates 8~12mg/l as SiO ₂ 。
	氰鹽(CN ⁻)	0.05 mg/L	IX，RO
	氟鹽(F ⁻)	0.8 mg/L	IX，RO
	氯鹽(Cl ⁻)	250 mg/L	IX，RO
	硫酸鹽(SO ₄ ⁻²)	250 mg/L	IX，NF，RO，EDR
	氨氮(NH ₃ -N)	0.5 mg/L	(1)徹底執行離牧政策。 (2)折點氯氧化。 (3)生物處理程序(Saline ammonia 型式存在時)，以 RBC 或 AHCT 或 AF+砂濾。 (4)PTA(Free ammonia 或 ammoniumion 形式存在時)。
	亞硝酸鹽氮(NO ₂ -N)	0.1 mg/L	代替水源混合，生物處理程序+O ₂ +GAC+砂濾 IX，RO，EDR
	硝酸鹽氮(NO ₃ -N)	10.0 mg/L	
	總三鹵甲烷(年平均值)	0.15 mg/L	(1)O ³ +CFD+GAC 或再加慢濾。 (2)AOP+CFD+GAC。
	總溶解固體物	800 mg/L	RO，EDR，蒸餾。
	酚類	0.001 mg/L	AS，PTA，ACP+GAC



分類	項目	國內現行標準 92 年 8 月	可行對治方法
	陰離子界面活性劑(MBAS) 為 Methylene blue active substances 簡稱	0.5 mg/L	O ₃ +CFD+GAC
化學類	總硬度	400 mg/L	LS, PR, IX, NF, RO, EDR
	自由有效餘氯	0.2~1.5 mg/L	氯消毒
	氯離子濃度指數(pH)	6.0~8.5	酸鹼調整
	農藥 (1)有機磷劑, 諸如: 巴拉松、 大利松、達馬松、亞素靈、 一品松、滅必蝨、加保扶、 納乃得	各項均為 0.05 mg/L	CFD+ATP 或 AOP
	(2)靈丹	0.0002 mg/L	
	(3)安殺番	0.003 mg/L	
	(4)除草劑諸如丁基拉草	0.02 mg/L	
	(5)巴拉刈	0.01 mg/L	
	(6)2,4-D	0.07 mg/L	

備註：

CFD：傳統處理程序：混凝、沉澱、過濾、消毒。

AA：活性鋁粒，用法類似重力式快濾池之濾砂。

IX：離子交換。

LS：石灰軟化。

GAC：粒狀活性炭。

RBC：旋轉生物圓板。

AHCT：輸氣蜂巢法。

AF：輸氣濾池法。

AS：氣提。

PTA：曝氣套裝塔。

PR：結晶軟化。

MF：微濾膜過濾。

UF：超微濾膜過濾。

NF：奈米濾膜過濾。

RO：逆滲透膜過濾。

EDR：逆電透析。

AOP：高級氧化程序=O₃或UV光催化+H₂O₂+GACA+CL₂

ATP：高級處理程序=①GACA，②BACR。

GACA：粒狀活性碳吸附池，其設計類似重力式快濾池。

BACR=O₃+GAEA+CL₂

即生物活性碳反應池其設計類似重力式快濾池。但反沖水不能用加氯後的清水去反洗。



環保署依飲用水管理條例，訂頒飲用水水質標準，其與自來水水質標準比較，主要的相異點是針對化學類有更詳細的限值。其項目與限值如下：

(1)屬於重金屬部份，增列

鋇	2.0 mg/L
銻	0.01 mg/L
鎳	0.1 mg/L

(2)屬於微量有機物部份，增列

三氯乙烯	0.005mg/L
四氯化碳	0.005mg/L
1.1.1－三氯乙烷	0.2mg/L
1.2－二氯乙烷	0.005mg/L
氯乙烯	0.002mg/L
苯	0.005mg/L
對－二氯苯	0.075mg/L
1.1－二氯乙烷	0.007mg/L

(3)屬於農藥有機磷劑部分，在自來水水質標準中，各項限值均為 0.05 mg/L，而飲用水水質標準中，各項限值如下：

巴拉松	0.02mg/L
大利松	0.005mg/L
達馬松	0.02mg/L
亞素靈	0.003mg/L
一品松	0.005mg/L
滅必蝨	0.02mg/L
加保扶	0.02mg/L
納乃得	0.02mg/L

飲用水水質標準管制對象與罰責，包括了自來水事業，然自來水事業依自來水法執行自來水水質標準處理與控管，形成了一國兩制的現象，環保署已注意到這個問題，法

規競合，深入檢討希望標準歸於一致。在未有一致標準前，建議環保署對自來水事業之管制與罰責回歸自來水法相關規定。

在水質標準中，不影響健康的項目與限值，建議環保署不予處罰，亦即是影響適飲性的項目，如下所列不予處罰。諸如鐵、錳、銅、氯鹽、硫酸鹽、陰離子界面活性劑、氨氮、總硬度、總溶解固體量、自由有限餘氯及 pH 值。

自來水事業要增強研究團隊，因為水質標準會因環境的變異，將來只會更嚴格，盼望從業人員謹慎以對。讓用戶有信心，飲用健康安性的自來水。

參考資料：

- 1.R.S Engelbrecht, New USA DRINKING WATER REGULATION. 10/14/91。
- 2.WILEY-INTERSCIENCE, Water Treatment principles & Design. 1985。
中華民國自來水協會，自來水設備工程設施標準解說 1995。
- 3.Adem Festger, M.S.及 Mare-Oliver Buffle, phd UV-Oxidation Treats emerging Contaminants, World water and Environmentl Engineering, vol 30, lssne3, mayltune. 2007。
- 4.經濟部水利署，自來水法法規彙編。04/2007。
- 5.行政院環保署，安全飲用水。03-1997。

作者簡介

謝啟男先生

現職：台灣自來水公司技術顧問

專長：自來水經營管理、自來水工程與技術



石門水庫水源水質酸鹼值偏高 對供水水質影響之探討

文/李貞慧、黃瑞聰、林彥宏、張嬉麗、吳美惠

一、緣起

石門水庫位於台灣北部大漢溪中游之石門峽谷，民國 52 年 5 月開始蓄水營運，其集水面積為 763.4 平方公里，設計蓄水量 3 億 900 萬立方公尺，滿水位標高為 245 公尺，有效容量為 2 億 3,380 萬立方公尺(86 年測)。

96 年 7 月部分媒體大幅報導指出石門水庫水質原水水質 pH 值偏高，水質偏強鹼，引起民眾恐慌，並質疑飲用水水質安全。因此，依據公司供水暨淨水現況、水庫水質、淨水場原水水質及淨水場處理後之最終供水水質...等狀況加以探討，以釐清民眾疑慮。

二、供水、淨水現況之探討

有關石門水庫之供水情形，水公司目前藉由三坑抽水站、平鎮第二抽水站及鳶山堰抽水站汲取石門水庫原水經由專管或圳路輸送至第二區管理處平鎮淨水場（55.5 萬噸/日）、大湳淨水場（34.5 萬噸/日）石門淨水場（10.8 萬噸/日）、龍潭淨水場（6.3 萬噸/日）暨第十二區管理處板新淨水場（37.8 萬噸/日），這些原水進入淨水場後，經相關之快混、膠羽、沉澱、過濾、消毒等淨水措施處理後，再輸送至供水區供民眾使用。當媒體報導原水 pH 值偏高時（96 年 7 月 9 日）水庫水位為 243.5 公尺，而本公司取水口為

水庫標高 173 公尺（桃園大圳取水口）及 195 公尺（石門大圳取水口），相距表層水位有 70.5 公尺及 48.5 公尺。

有關供水檢驗部份，水公司為因應環境污染加強水質管理、適時掌握水源水質俾能符合行政院環保署公告之「飲用水水源水質標準」，暨確保自來水品質能符合行政院環境保護署公告之「飲用水水質標準」，訂有「台灣自來水公司水質檢驗規範」供各級水質檢驗單位辦理監控水質檢驗之依據。本規範對區處內各水源、各淨水場原水、清水、配水系統、廢水..等均訂有相關檢驗項目及檢驗頻率。

此外，有關原水污染，水公司目前措施如下：

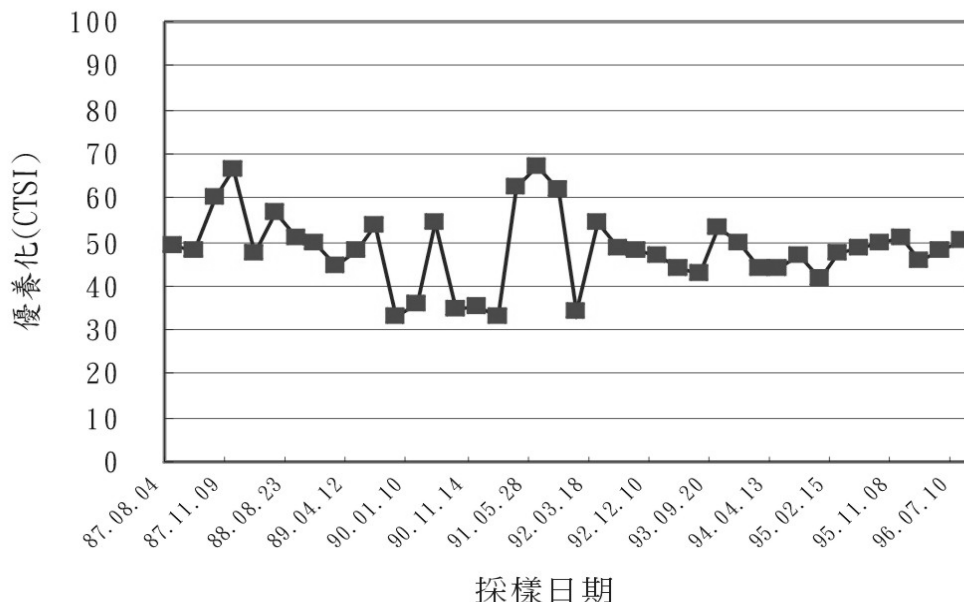
- (一)原水水源巡查舉發。
- (二)前(原水)後(淨水)端設置自動水質監控及警示設備。
- (三)淨水場進水口設置攔油索及活性碳加藥設備。
- (四)淨水場進水口設置緊急關閉閘門。
- (五)淨水場設置緊急排放閘門。

另外，針對原水，水公司制定「原水毒物監視養魚試驗作業要點」，於淨水場設置原水水質監視養魚試驗箱，以維水質安全。

三、水庫水質的探討

一般而言，水庫水質受到集水區人類活動或其他原因的影響，有機性污染及營養鹽會流入水庫。而當大量的污染物質排入水

水公司對石門水庫原水皆定期檢測、追蹤，歷年優養化(CTSI)綜合趨勢圖詳見附圖一。



圖一 水公司石門水庫歷年優養化(CTSI)趨勢

庫，在適當的水溫、光照及水位..等環境因素影響下，將導致水庫中藻類異常繁殖或死亡，造成水庫優氧化現象。優養程度依所含營養物質多寡，分為優養、普養及貧養三類。一般常用卡爾森優養指數（CTSI）來評估庫優養化程度，說明如下：

$$TSI(SD)=60-14.41 \times \ln(SD)$$

SD(透明度)之單位為公尺

$$TSI(TP)=14.42 \times \ln(TP)+4.15$$

TP(總磷)之單位為 $\mu g/L$

$$TSI(CHA)=9.81 \times \ln(CHA)+30.6,$$

CHA (葉綠數 a)之單位為 $\mu g/L$

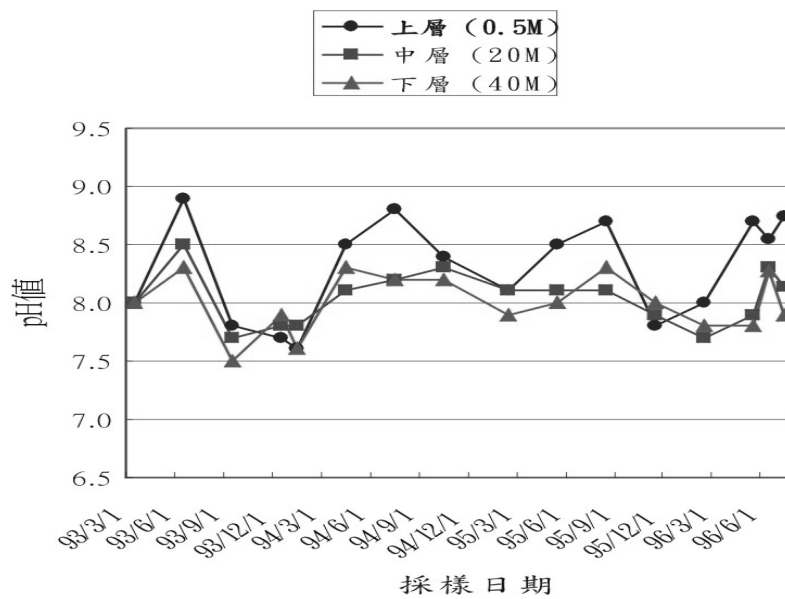
$$CTSI \text{ 指數} = [TSI(SD) + TSI(TP) + TSI(CHA)] \div 3$$

CTSI 指數小於 40 屬貧養，介於 40-50 之間為普養，50 以上則為優養。

由圖一可知，石門水庫由 87 年 8 月 4 日至 96 年 7 月 10 日總監測次數為 40 次，其中發生優養化狀況僅為 12 次（貧養、普養約佔 70%），且優養化狀況隨季節變異，夏季優氧化現象一般均較冬季為嚴重，而近年來石門水庫之水質優氧化狀況並未有明顯惡化之現象，目前水質尚為普養狀況。

此外，依據環保署全國環境水質監測資訊網資料查詢趨勢統計，2007 年迄今（96 年 7 月）石門水庫總監測次數為 10 次，其中 1 次為貧養，9 次普養，石門水庫亦未出現優養現象。

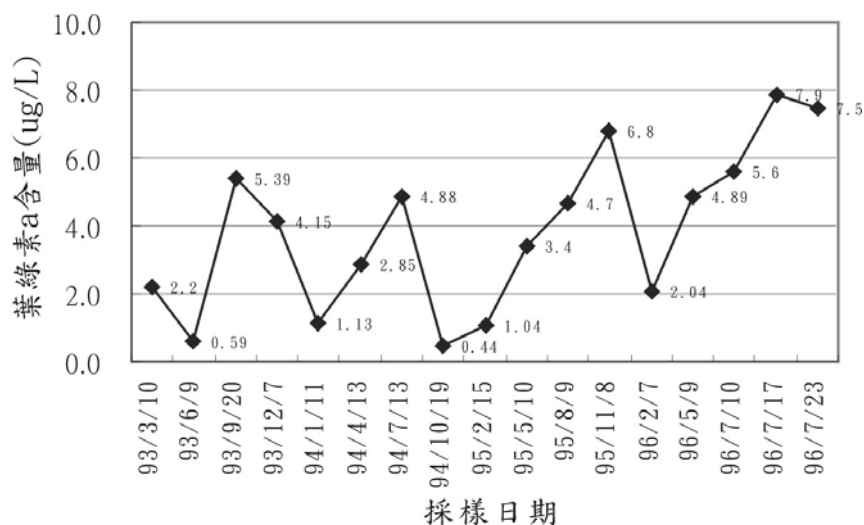
依據水公司歷年水質監測資料觀之，水庫水質各檢項與取水深度有相當影響，就以 94-97 年 pH 檢項數據觀之，將日期、水層深度與 pH 值繪圖如附圖二，可看出：



圖二 石門水庫不同深度 pH 值變化

- (一) 水庫深度愈往下則 pH 值愈低。
- (二) 每逢夏季（尤其是每年七月份左右），水庫水樣之 pH 值會提高，冬季來臨，水庫水樣之 pH 值則降低。
- (三) 水庫上層（0.5M）pH 值隨季節變化很大，隨水庫深度增加，則此現象則漸不明顯。
- (四) 由資料分析，只有採取水庫上層（0.5M）水，pH 值才會略高於 8.5，而取用水庫表水 20M 下之水源，其 pH 值均 ≤ 8.5 （水質標準 pH 值 6.5-8.5），而本公司歷

年夏季取水皆未導引水庫上層（0.5M）水使用，因此並未有取用水源水質偏強鹼之現象。依據 96 年 7 月 2 日檢驗追蹤石門水庫水質結果，水庫下 5 公尺 PH 值為 8.66，水庫下 30 公尺 pH 值為 8.13，愈往下層 pH 值愈低。水公司取水口為水庫標高 173 公尺及 195 公尺（按 96 年 7 月 9 日水庫水位高達 243.5 公尺），標高 173 公尺之 pH 值為 7.8；標高 195 公尺原水之 pH 值為 7.90。



圖三 石門水庫不同時間葉綠素 a 含量變化

四、淨水場原水水質及淨水場處理後之最終供水水質

依水公司 96 年 1-6 月所有原水及清水水質 pH 檢項數據：平鎮淨水場原水 pH：

7.7~8.2、清水 pH7.4~7.8；大湳淨水場原水 pH：7.4~8.0、清水 7.3~7.7；石門淨水場原水 pH7.7~8.2；清水 pH 7.4~7.8 龍潭淨水場原水 pH：7.7~8.1、清水 7.4~7.7、板新給水廠原水 pH 值：6.9-8.7、清水：6.8-7.7，清水供水

水質之酸鹼度均符合飲用水水質標準 pH 值：6.0~8.5。

96 年 7 月媒體報導石門水庫水質酸鹼值偏高等問題，水公司於 7 月 2 日、10 日、17 日、23 日針對石門水庫中本公司之取水口附近表水、水下 5、10、15、30 公尺、底層及其所屬之相關淨水場（平鎮、大湳、石門、龍潭、板新等淨水場）之原水、清水加強檢測，檢測結果均未檢出微囊藻毒（小於偵測極限值 0.16 微克/公升）。

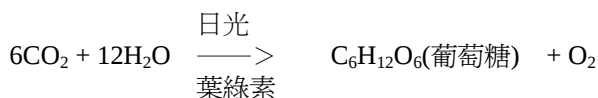
五、石門水庫表層水質偏鹼原因之探討

為探討石門水庫表層水質偏鹼原因，水公司特地至水庫採樣進行相關之檢驗，由生物鏡檢結果發現，水庫之藻類於 6、7 月間確有增生現象，這也可由時間對葉綠素 a 作圖之圖三觀之，夏季藻類增多，葉綠素 a 自然也較高（96 年 7 月數值更高達 7.9mg/m³）。

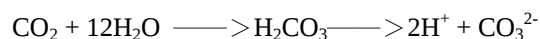
因此，石門水庫表層水質偏鹼原因推測係因夏季天氣炎熱、氣溫升高導致水庫藻類增生所致。

一般而言，藻類因含有葉綠素，葉綠素吸收太陽能，進行光合作用，把二氧化碳和水

合成葡萄糖而獲得養分，相關反應式如下：



而當氣態二氧化碳溶於水中時會生成碳酸，其反應如下：



一般自然水體的 pH 多在中性或略偏鹼性範圍。當水中藻類和植物行光合作用繁殖，會消耗水中具酸性的二氧化碳含量，而造成 pH 值升高。相反地，不論動物或植物均須行呼吸作用，會產生二氧化碳，而造成河水 pH 值降低。

針對藻類而言，藻類的生長的數量與溫度呈正相關，水溫愈高，藻類就會大量繁殖。此情事發生時正值酷夏，因太陽照射，又有漂流木等營養源，使得藻類大量繁殖，藻類增多之後，光合作用也增加，會加速消耗水中具酸性的二氧化碳與氫碳酸的含量，故會造成表層的水質偏鹼性，使 pH 值升高。石門水庫表層水 pH 值多在 8.8 至 9.0 之間，但底層水的酸鹼值並不會受影響。

而因為藻類增生所產生之微囊藻毒，依據文獻資料顯示，微囊藻主要存活於水庫之表面層，自來水源水取水位置均位於水庫水面下層中段位置，遠低於其活動範圍，故微囊藻不至於進入淨水處理程序，是以存在藻體內之藻毒隨水庫低層原水進入淨水場機率相當低。而水公司一般之淨水處理對藻毒之去除率約為 46~76%，高級淨水處理則更可達 95%；若藻毒到達預警值時，水公司將強化混膠凝沉澱，後再加氯消毒，必要時更換水源來因應，並持續監控微囊藻毒含量，以確實提供安全衛生之自來水。

此外，水公司自 95 年起針對作為該公司



水源之石門水庫水源及相關淨水場原水、清水每月辦理微囊藻毒檢測，檢測結果，截至 96 年 7 月，所有相關所屬淨水場之原水、清水均未檢出微囊藻毒。

六、結 論

pH 值為氫離子濃度之一種表示方式，飲用水水質標準 pH 值主要管制目的是避免供水系統管線的腐蝕。一般 pH 值對人體健康無直接影響，美國環保署係將 pH 值列為參考項目，而世界衛生組織(WHO)基於其對消費者的健康無直接影響，並未將 pH 值納入管制。

水公司取自石門水庫之水源，係採取水庫水質較佳之中下層，除以自動監控儀器監控水質外，並每日定時由淨水場以人工檢測原水、清水 pH 值等水質項目，經長期檢測及追蹤結果，清水供水品質亦均符合「飲用水水質標準」。

參考資料：

- 1.中華民國環境工程學會，環境微生物，王怡諭、陳奕宏
- 2.Henderson-Sellers and Markland,1978; 史午康等,1987
- 3.行政院環境保護署，九十年度台灣地區主要水庫水質監測計畫，吳俊哲等
- 4.行政院環境保護署，水庫優養化資料庫及專家系統研究，駱尙廉等
- 5.行政院環境保護署，全國環境水質監測資訊網
- 6.台灣自來水公司網站資料、第二區處簡報暨相關新聞稿
- 7.經濟部水利署，石門水庫面臨問題與因應措施網站
- 8.聯合晚報 2007/07/9 報載
- 9.行政院環境保護署毒管處環保新聞 96/07/09
- 10.中廣新聞 96/07/09 報載
- 11.中央商情網／中央商情網、中央社／中央社 2007/07/11 報載
- 12.中國時報、聯合報 2007/07/12 報載
- 13.經濟部水利署北區水資源局網站

作者簡介

李貞慧小姐

現職：台灣自來水公司水質處工程師

專長：水質檢驗

黃瑞聰先生

現職：台灣自來水公司水質處技術士

專長：水質檢驗

林彥宏先生

現職：台灣自來水公司水質處技術士

專長：水質檢驗

張嬉麗小姐

現職：台灣自來水公司水質處副理

專長：水質管理

吳美惠小姐

現職：台灣自來水公司水質處經理

專長：水質管理

流量計在不同平面雙彎管下游之量測準確性探討

文/陳建霖、羅德偉、苗君易、黃佑仲

摘 要

在缺水的台灣，水資源的維護與管理相當重要，而流量計的量測準確性就扮演著重要角色，另外流量計裝設位置的流場品質會與其準確性有密切關係。本文是使用計算流體力學(CFD)的技術來模擬在不同平面垂直雙彎管內的流場分佈，並依文獻的定義求得沿圓管軸向位置之流場品質，藉此探討其影響流量計計量性能之關連性。研究結果顯示在雙彎管下游一段距離後流場品質會最好，並與文獻的實驗結果有一致的趨勢。本文並參照超音波流量計之計量原理，計算其在彎管中不同位置下所對應的流量值；模擬分析結果顯示超音波流量計之量測準確性與流場品質有直接的影響。

關鍵詞: CFD、流場品質、流量計。

一、前言

台灣為四面環海且年平均雨量達 2510 公釐，應該是水資源豐富的國家，但是因為台灣地區地狹人稠、山坡陡峭、雨勢集中，再加上河川短促，所以大部分的雨水都迅速地流入海洋。因此，台灣地區每人每年平均可以分配到的水量，只有全世界平均雨量的七分之一而已，換算成每人每年可用水量大約只有一千公噸。更因環境污染、濫墾濫伐及都市化效應等問題，導致可利用之水資源日益減少，因此水資源的管理與相關水流量的精確量測就益顯重要。

流量量測在人類生活中扮演著舉足輕重

的角色；無論是日常生活用水計量、交通工具添加燃料計量、氣象科學之降雨量測、醫學工程中的各項藥物微流量量測等等，都與國家的科技、產業、民生、安全等息息相關因此流量量測的準確性就顯得相當重要。流量計之器差範圍與安裝條件都有一定的標準及規範⁽¹⁻⁴⁾，企望在量測流量時有一定的準確度以符合使用者要求。然而流量計在實際管路應用上往往受到空間限制，無法達到規範中要求的標準，以致於流量計上游仍然安裝有彎管(elbow)、擴張管(expander)、漸縮管(reducer)及閥(valve)等等管件，此配件皆會影響流量計準確度⁽³⁻⁴⁾，所以使用者對於流量計的使用會產生疑慮。因此如何降低安裝規範中空間要求(管路長度)，並達到一定的準確性，在實務上極為重要。一般流量計使用大都屬於定常流場、均勻單相流流體及完全發展流場的狀態⁽⁷⁾。根據文獻⁽⁸⁾研究結果顯示，在不同平面垂直雙彎管裝置中，如圖 1，裝設渦流流量計於彎管下游之 35 倍管徑長以上較能掌握量測之準確度。而在文獻⁽⁹⁾之研究顯示，在不同平面雙彎管下游 15 倍管徑長之位置，所獲得流場品質優於完全發展管流之流場品質；換言之，流量計若安裝於流場品質較佳情況下，預期會得到較準確的計量。

近年來計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)之技術已廣泛應用在學術、工業研究之流量計相關模擬。例如文獻^(10,11)是以 CFD 模擬流量計應用在管流的問題，在其不同平面垂直雙彎管之速度流場研



究當中，藉由 CFD 可獲取流場與壓力場，並從其中探討改善流量計在安裝中的問題。另外，一般流量計之管流為三維紊流場，本文則為三維定常紊流流場(unsteady turbulent flow)，所使用之紊流模式為最具代表性的紊流模式，可準確預估流場特性及現象。

本文以數值模擬方式探討不同平面垂直雙彎管之流場分佈，並以文獻⁽⁹⁾中所定義之流場均勻度及流場漩流強度來訂定流場品質指標，藉此探討其影響流量計計量性能之關連性。另外本文參考超音波流量計計量原理，計算其在彎管下游不同位置下所對應的流量值，並分析超音波流量計之量測準確性與流場品質之影響。

二、理論分析

2.1 數學模式

本研究在數值計算方面使用 CFD 商用軟體 FLUENT 為計算分析工具，求解在不同平面雙彎管中的流場分佈。在使用數值方法進行模擬分析前，為了簡化數值模擬複雜性，將作以下幾點基本的合理假設：(1) 定常(steady state) (2) 流體為不可壓縮流(incompressible flow) (3) 流體與牆邊界為無滑動條件(No-Slip condition) (4) 流體為冷流場無熱源產生，不考慮流體流動產生摩擦熱。在三維卡式座標系統(3D Cartesian coordinate system)下，其統御方程式的形式如下：

(1) 連續方程式：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \left(\frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} \right) = 0 \quad (1)$$

(2) 動量方程式：

$$\frac{\partial \rho \phi}{\partial t} + \left[\frac{\partial \rho \phi u}{\partial x} + \frac{\partial \rho \phi v}{\partial y} + \frac{\partial \rho \phi w}{\partial z} \right] = \nabla^2 (\Gamma \phi) + S \quad (2)$$

其中在動量方程式右式第一項為擴散項(Diffusive term)，右式第二項 S 為源項(Source term)，左式第二式為對流項(Convective term)，左式第一式為暫態項(unsteady term)，當假設為穩態時，此項不予考慮。符號 ϕ 則代表 u 、 v 、 w 、 k 和 ε 等物理變數(dependant variables)，請參考表一所示； Γ 則為各物理變數所對應之擴散係數。

2.2 紊流模式

紊流基本上是流場性質而不是流體性質，在運動上具高度不規則與隨機之擾動特性。此種擾動導致流場快速混合，增加動量、熱量及質量的傳遞。本文使用雷諾平均方程式(Reynolds Average Equation)求解紊流流場，對於流場中各種參數的瞬間值視為平均值與波動值的總和，以 X 方向的流速分量為例，可用其時間平均流速與波動流速來表示為，然後推導出各參數代表之統御方程式，並利用紊流模式來解決統御方程式中紊流所衍生之雷諾應力項(Reynolds stress)，式中的參數值則使用軟體之內定值。

2.3 流場均勻度及漩流強度

在文獻⁽⁹⁾中對於流場品質評量方式，是以均勻度及漩流強度來表示，其定義為用下

$$\Delta V^* = \left[\frac{1}{A} \int_A \left(\frac{V_x}{U} - 1 \right)^2 dA \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$S_n = \frac{\int_A r V_\theta V_x dA}{R \int_A V_x^2 dA} \quad (4)$$

在上式中，為圓管截面積，為軸向速度，為切線速度，為平均速度，是離管子中心的距離，為圓管半徑，代表軸向速度均勻程度，越小表軸向速度分佈越靠近 bulk flow；代表漩流強度，本文依此定義來探討雙彎管下游漩流的情形。

2.4 超音波計量原理

本研究為了討論流量計量測準確性與流場品質之關聯性，使用訊號傳遞時間差法的原理來求取流量。以 Z 形法為例，如圖 2，即利用管道壁發射端發射超音波訊號，因水流速度差異會造成順向傳遞與逆向傳遞的訊號在傳遞時間上有一差值，其即為傳遞時間差。藉由分析該傳遞時間差的特性可以計算求得實際的水流速度，並進而換算成管道內的水流量。超音波流量計便是以此種原理進行量測。由圖 2 中的 P1 發射端發射並順流傳遞至 P2 時，利用下列公式即可算出該訊號在水流中傳送的時間 T1，其中

$$T_1 = \frac{L}{C + V \cos \theta} \quad (5)$$

為訊號發射端與接收端之間管道內壁的距離，C 為訊號在水中的傳遞速度，V 為管道中水流的平均速度；反之，當訊號(即物理量)由 P2 發射端發射並逆流傳遞至 P1 時，利用公式即可算出該訊號在水流中傳送的時間 T2，其中

$$T_2 = \frac{L}{C - V \cos \theta} \quad (6)$$

由上述式(5)及式(6)可得訊號傳遞時間差 ΔT ，其中，

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{2LV \cos \theta}{C^2 - V^2 \cos^2 \theta} \quad (7)$$

由於，故式(7)可簡化為

$$\Delta T = \frac{2LV \cos \theta}{C^2} \quad (8)$$

因此可求得：

$$V = \frac{C^2}{2L \cos \theta} \Delta T \quad (9)$$

由式(9)可知，只要精確量得，便可換算得到管道內的平均流速及流量，但因為管道內流速分佈並非均勻等速，因此式(9)所計算的平均流速與實際的平均流速之間會有所差異。此差異經由修正係數修正之後，所得的流量即為訊號傳遞時間差法量測所得的流量。不過本研究以 CFD 計算時，假設所取之網格內之流場具相同之平均速度分佈，故只要網格細小至一定程度，流量值無須經修正。

三、數值方法

3.1 數值模型之建立

本研究數值模擬模型與成功大學航太所流力實驗室之不同平面雙彎管流場品質實驗所採用的量測設備相同⁽⁹⁾，工作流體為水，平均流速為 1.41 m/s，所使用的圓管直徑為 D=0.05m，雷諾數為 7.8×10⁴，水入流段長度為 45D，彎管曲率半徑均為 2D，第二彎管出口段長度為 40D，其物理模型請見圖 1。

在建構網格時需考量到其收斂性、穩定性，所以必須考慮網格分佈之數目及正交性等。依以上條件建立數值模型之網格，圖 3 為管流橫截面網格分佈，圖 4 為不同平面雙彎管之整體網格分佈，是以 Gambit 所建構而成，採用結構式六面體網格之三維網格分



佈，總網格數為 1.4×10^6 個。

3.2 數值法則

本研究使用 Fluent 進行流場計算，數值離散式採用有限體積法 (finite volume method)，掌握每一控制體積內質、動和能的守恒，並可得到物性的變化與關係。本研究之工作流體為水，屬不可壓縮流體，因此在流場中的密度可視為常數，所以直接求解連續方程式與 XYZ 方向的動量方程組。在求解動方程式中，壓力梯度為未知，而且沒有壓力統御方程式，在此情況下，Fluent 使用 SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) 法則來求解壓力項，SIMPLE 之推演是利用動量方程組與質量連結成一壓力方程式，以便進行求解過程中之壓力修正。在求解過程中，先離散統御方程組為代數方程組，並在動量方程式上使用 First-order Upwind 有限差分法，然後轉換為差分方程式成矩陣，並用數值方法求解矩陣至流場性質變化小於設定之誤差為收斂。

在流場品質之評量方面，由模擬結果可獲得管道內之細部流場，然後利用(3)(4)式中流場均勻度與漩流強度之定義，計算其數值結果，所使用的數值方法如下：

$$\Delta \bar{V} = \left[\frac{1}{A} \sum_{i=1}^m \left(\frac{(V_x)_i}{U} - 1 \right)^2 \Delta A_i \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$S_n = \frac{\sum_{i=1}^m r_i (V_\theta)_i (V_x)_i \Delta A_i}{R \sum_{i=1}^m (V_x)_i (V_x)_i \Delta A_i} \quad (11)$$

其中 m 為網格數，為第 i 網格軸向速度，

為第 i 網格切線速度，為第 i 網格離圓管中心距離，為第 i 網格面積。另外，實際之管流大都運作於完全發展流場，因此本文以完全發展管流為判斷均勻度的參考，本文模擬時入流之邊界條件採用 $n=7$ 的完全發展紊流經驗公式如下式：

$$\frac{V}{V_c} = \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (12)$$

其中表管道之中心流速。

在模擬超音波流量計方面，以 CFD 模擬管道內流場，若網格夠細小，則個別網格內之流場分布可視為均勻，故訊號於每一網格內的時間差可由式(9)獲得。對於整個訊號路徑的時間差則是所有個別網格時間差的總和。若 m 為音波路徑所通過的總網格數，為第 i 網格之平均速度，則有如下關係式：

$$\Delta T = \sum_{i=1}^m \Delta T_i = \sum_{i=1}^m \frac{2L \cos \theta}{C^2} V_i \quad (13)$$

由上式訊號路徑所經過的每格網格之平均速度對會有相當大的影響，若流場內速度分佈不均勻或是管道內之速度分佈仍然在改變，都會對超音波流量計所量得的產生誤差，為了求得訊號路徑所得之速度之準確性，本文定義流量估算誤差百分比如下：

$$f^* (\%) = \frac{\sum_{i=1}^m V_i \Delta A_i - Q_{in}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (14)$$

其中為已知之入口流量，利用(14)式可以探討超音波流量計之準確性與流場均勻度關係，也就是流場品質與利用超音波量測流量

原理之關連性。

四、數值結果與分析

4.1 雙彎管下游的流場分析

由本文之數值實驗得知，進行不同平面雙彎管流場模擬時，流場特性容易受到入流之邊界條件及流體性質所影響，此現象已獲得文獻⁽¹⁰⁾之作者証實；因此，由於本文無法獲得進口速度曲線之實驗數據，本文之模擬結果與文獻^(9,10)之實驗結果相比，雙彎管下游後之流體速度場有些差異，但整體流場特性之趨勢相當符合，所以文後之參數實驗的數值結果是能提供所需流場特性進一步研究分析用。

在完成不同平面垂直雙彎管之參數模擬實驗後，本研究取其下游幾個位置的圓管截面做為分析，分別為 1D、10D、20D 及 35D 之位置，在此 D 為圓管直徑。圖 5a、b、c、d 和圖 6a、b、c、d 為雙彎管下游圓管截面之無因次化軸向速度及渦旋速度分佈圖。從圖 5 和圖 6 中在彎管下游 1D 處，無因次軸向速度和渦旋速度分佈較為複雜，從 1D 到 20D 軸向速度分佈以順時針轉動，而彎管下游 35D 處，流體軸向速度分佈狀況，越來越接近直管完全發展流的軸向速度分佈。

4.2 雙彎管下游的均勻度與渦流強度

在文獻⁽⁹⁾中可知流場的軸向速度分佈均勻與否與渦流溢放的品質有關，因此本研究利用(10)式與(11)式探討不同平面垂直雙彎管下游流場品質，計算結果如圖 7 和圖 8 所示。在圖 7 為均勻度隨彎管下游位置的變化，以完全發展紊流為均勻度參考；圖中之兩水平直線表，Inlet 直線是以理論值式(12)為速度場所得誤差值，Outlet 直線是以出口

紊流速度場所得的結果。理論上，若是均勻流則=0。計算結果在 10D 附近其均勻度=0.07784 為最低值，在 23D 附近其均勻度=0.09994 為最高值，所以在靠近 10D 附近其軸向速度之平均值較接近均勻流，並且在一直到 17D 位置之均勻度皆小於參考之均勻度。在文獻⁽¹²⁾中，Mattingly 等人利用雷射量測儀量得彎管下游 11.7D 處，其軸向速度最接近均勻流，換言之，在彎管後確實有一段區域其流場品質優於完全發展流；在文獻⁽⁹⁾中，苗教授等人彎管下游 15D 處，其軸向速度最接近均勻流，其位置與本文有明顯差異。經過數值驗證後；我們有如下之推論。由於入流速度場影響彎管下游之流場甚大，本文模擬之入流速度並沒有使用實際之實驗數據，因此造成均勻度最小值之位置的差異；另外網格解析度亦是影響結果之因素，數值結果顯示，由於紊流邊界層很薄，速度曲線在此有較大變化，故網格在此圓管壁之分布影響計算結果。。

漩流強度基本上代表雙彎管造成二次流的特性，圖 8 依漩流強度隨著雙彎管下游管徑改變，，在 1D 時有最大的漩流強度=0.3501，值範圍在 0.3501 到 0.0423 之間，從 1D 到 35D 漩流強度漸漸變小，代表彎管下游漩流情形越來越小。漩流強度趨勢與文獻⁽⁹⁾當中相同，並且在文獻中實驗結果指出，漩流強度對於流場品質沒有一定的影響。

4.3 超音波計量測分析

上述之數值模擬後所得之雙彎管下游的速度場，可用以評估超音波流量計在其下游之安裝問題。利用(14)式可得圖 9 流量誤差與安裝位置之關係分佈圖。由於超音波流量計受到流場均勻性與超音波路徑所經過的速度

分佈有很大的影響，在彎管出口段速度場分佈不平均 所以在 1D 至 2D 時所量得的誤差皆很大，在 5D 附近流量誤差轉小，因為在圖 7 中已顯示 4D 附近軸向速度是分佈較為均勻，在 10D 到 35D 之間流量的誤差較為不穩定，在 35D 以後速度場趨於穩定所以誤差縮小。很明顯由數值模擬所求得速度場的分析，有助於了解超音波流量計在不同平面垂直雙彎管下游的準確性，並且可以藉此輔助超音波流量計之安裝位置的評估。

五、結論

水流量的精確量測對於水資源的管理與維護相當重要，本文應用 Fluent 來模擬探討不同平面垂直雙彎管流場，及分析超音波流量計安裝在其下游流場之流量誤差，得到了以下結果：

在不同平面垂直雙彎管下游有一段區域，其流場均勻度較區域上下游位置的均勻度來的好，可利用此區域安裝流量計以避開安裝位置之限制。

模擬結果顯示漩流強度在彎管下游會越來越小，與文獻的實驗結果之趨勢相符，且漩流強度對於本文定義的流場品質沒有明顯的影響。

利用數值模擬求得速度場，藉此可評估超音波流量計在不同平面垂直雙彎管下游的量測準確性，並且可以看出流量誤差與流場品質有直接的影響。

參考文獻

1. The International Organization of Legal Metrology (OIML) D25, "Vortex meters used in measuring systems for fluids," 1996.
2. ANSI/ASME-MFC-6M-1987, "American Nation Stand, Measurement of Fluid Flow in Pipes Using Vortex Flowmeter," The American Society of Mechanical Engineering, New York, 1987.
3. ISO 5176, "Measurement of fluid flow by mean of orifice planes, nozzles and venturi tubes inserted in circular cross section conducts running full," International Organization for Standardization, 1980.
4. 黃佑仲, "水量計施檢規範之探討," 經濟部標準檢驗局全國流量技術研討會, 2000.
5. T.B. Morrow, and J.T. Park, "Installation Effects on Meter Performance," ASME Fluid Measurement and Instrumentation, vol. 161, 1993.
6. T.T. Yeh and G.E. Mattingly, "Pipe flow Downstream of a Reducer and Its Effects on Flowmeter," ASME Fluid Measurement and Instrumentation, vol. 161, pp. 21~28, 1993.
7. R.W. Miller, "Flow Measurement Engineering Handbook," McGraw Hill, New York, 1983.
8. API 2530, "American Petroleum Institute, Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 14—Nation Gas Fluids Measurement," Report ANSI/API 2530—1985, 2nd Edition, Washington, D.C., 1989.
9. J.J. Miao, C.W. Wu, C.C. Hu, and J.H. Chou, "A Study on signal quality of a vortex flowmeter downstream of two elbows out-of-plane," Flow Measurement and Instrumentation, vol 13, pp. 75-85, 2002.
10. J.Y. Chen, C.T. Yang, and J.H. Shaw, "CFD Simulation of Three Double-Elbow Pipe Flows," Center for Measurement Standards, ITRI, Taiwan, 2002.
11. P.I. Moore, G.J. Brown, and B.P. Stimpson, "Modelling of transit time ultrasonic flowmeters in theoretical asymmetric flow,"

FLOMEKO, 2000.

12. G.E. Mattingly and T.T.Yeh, "Flowmeter installation effects : a new approach to an old but prevalent problem," in International Conference Metering on Flow Measurement in the MID 80s, National Engineering Laboratory Glasgow, U.K, June 9-12, 1986.

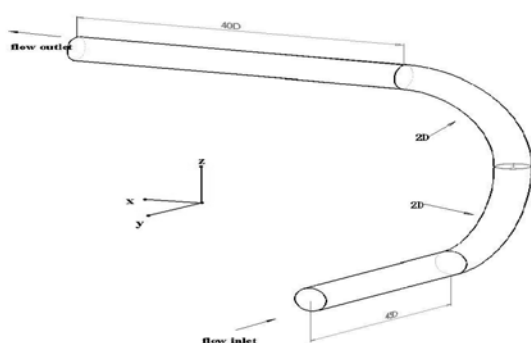


圖 1 不同平面垂直雙彎管模型

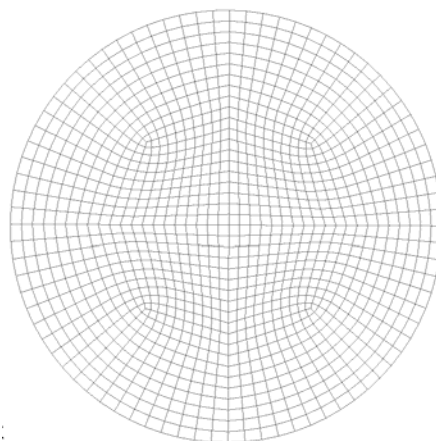


圖3 管流橫截面網格

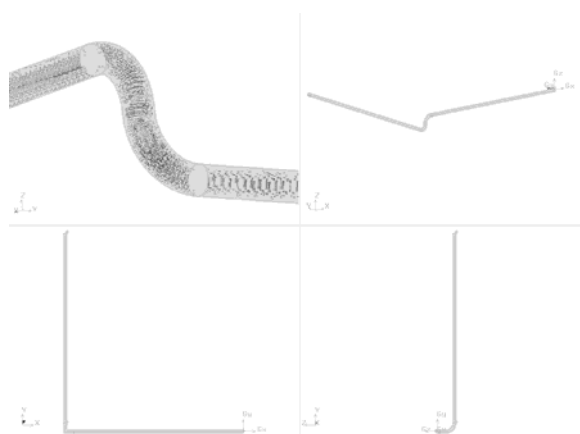


圖4 不同平面垂直

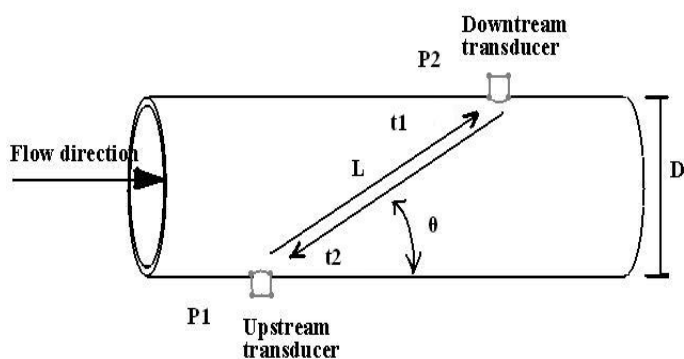
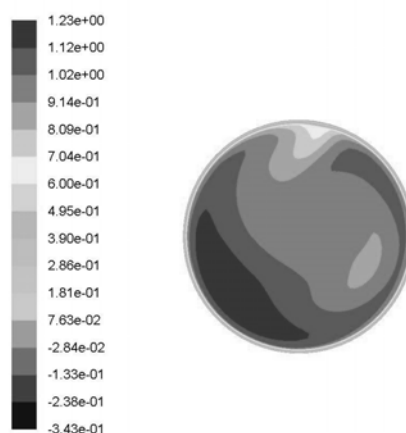


圖 2 超音波計量原理示意圖



雙彎管流場網格分佈

圖5a 1D無因次化軸向速度分佈圖

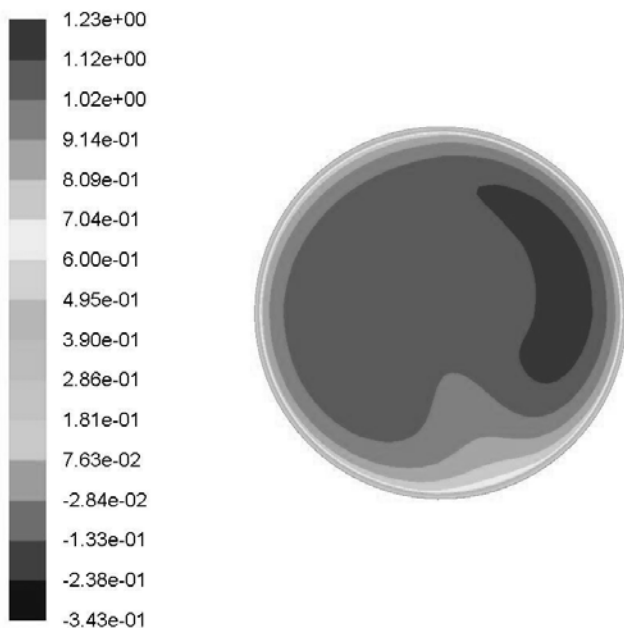


圖5b 10D無因次化軸向速度分佈圖

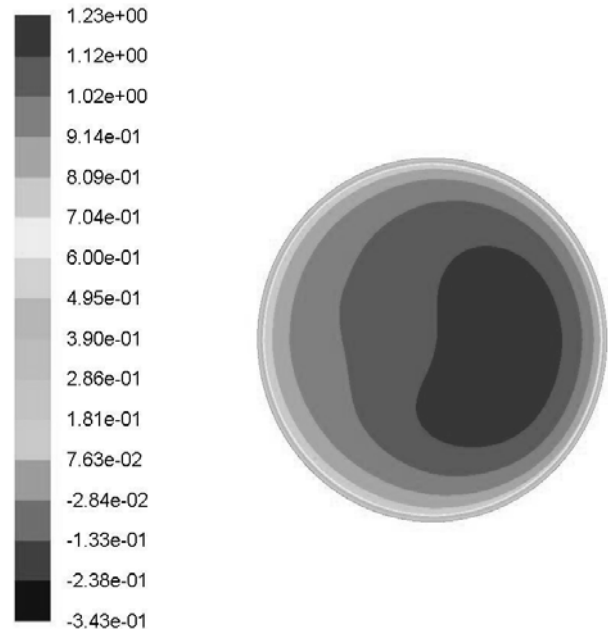


圖5d 35D無因次化軸向速度分佈圖

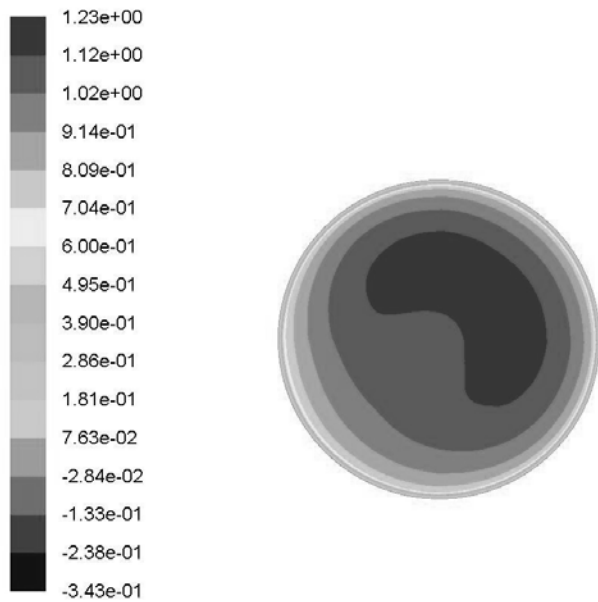


圖5c 20D無因次化軸向速度分佈圖

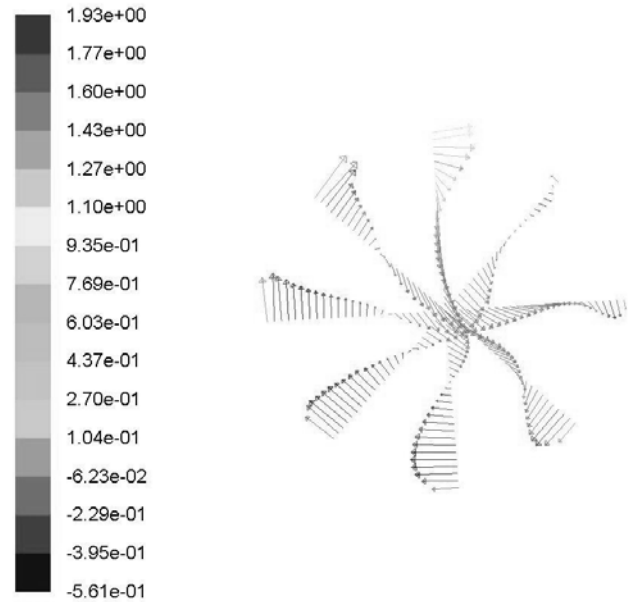


圖6a 1D無因次化渦漩速度向量圖

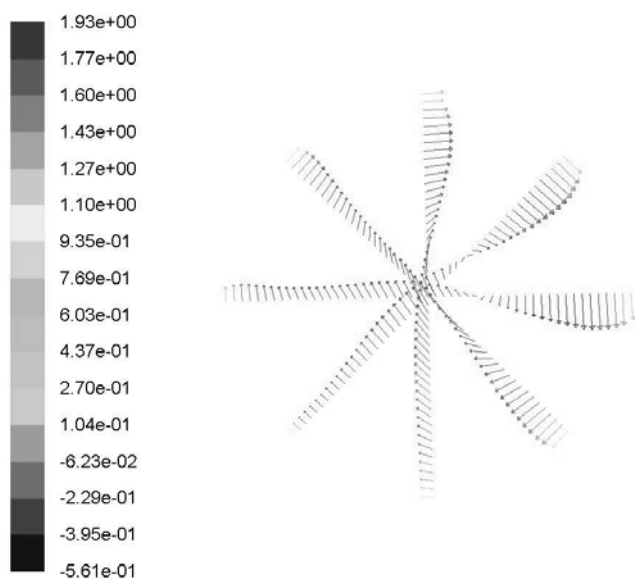


圖6b 10D無因次化渦旋速度向量圖

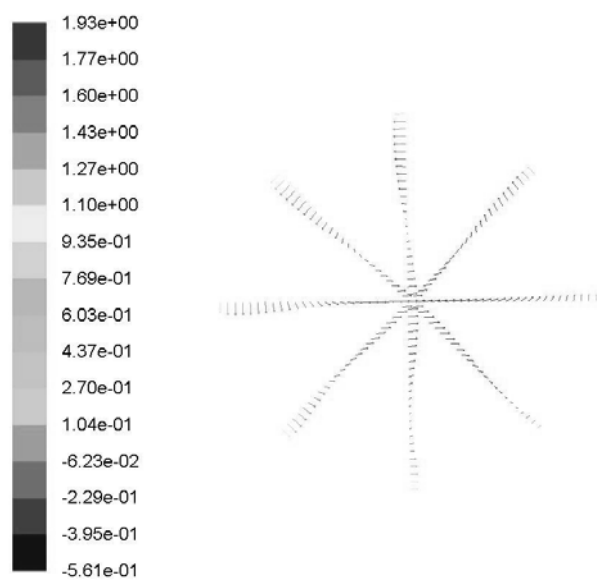


圖6d 35D無因次化渦旋速度向量圖

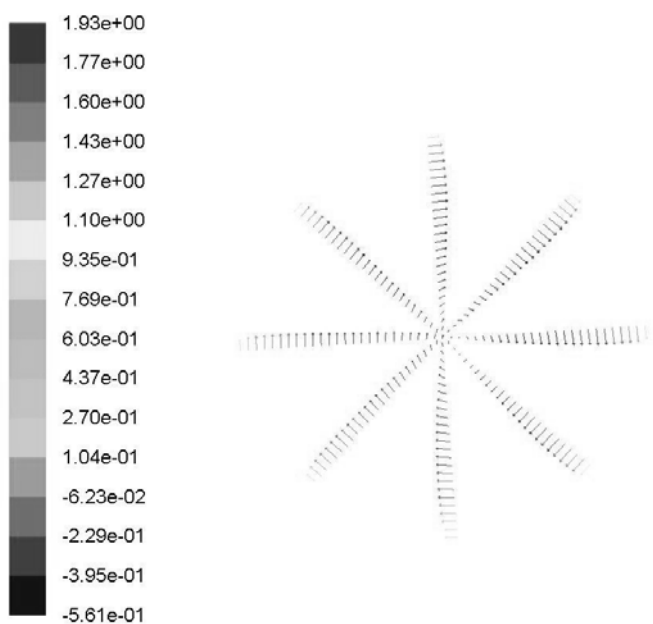


圖6c 20D無因次化渦旋速度向量圖

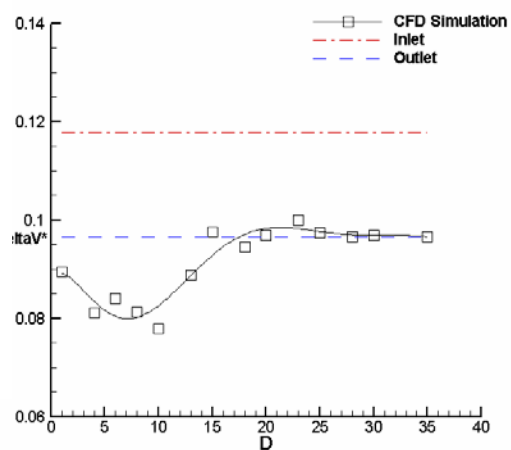


圖7 均勻度 ΔV^* 分佈圖

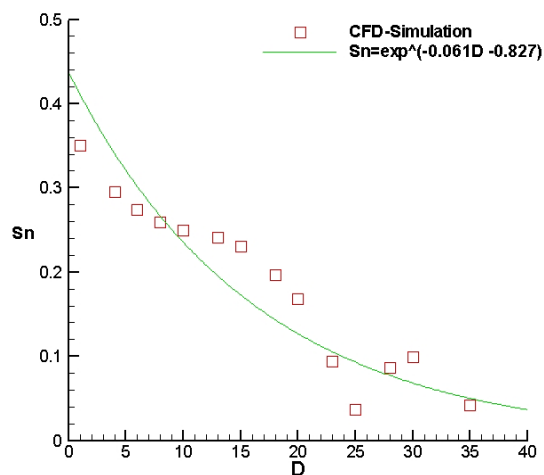


圖8 漩流強度 S_n 分佈圖

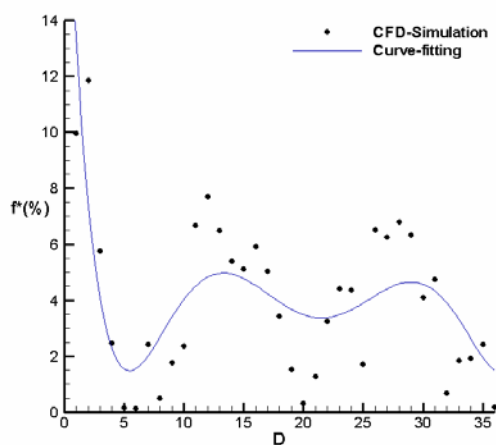


圖9 超音波流量計流量誤差分佈圖

表一 變數 ϕ 之對照表

Equation	ϕ
Continuity	1
X-momentum	u
Y- momentum	v
Z- momentum	w

作者介紹

陳建霖

現職：義守大學機械與自動化工程學系助理教授

專長：計算流體力學、流體機械、水下兵器、系統工程

羅德偉

現職：義守大學機械與自動化工程學系碩士生

專長：計算流體力學

苗君易

現職：國立成功大學航空太空工程學系教授

國立成功大學技轉育成中心主任

國立成功大學研究總中心副主任

社團法人中華工業合作發展促進會理事長

專長：機械熱流、紊流學、實驗流體力學、能源科技

黃佑仲

現職：國立成功大學航空太空科技研究中心客座專家

經濟部標準檢驗局度量衡器型式認證委員

經濟部標準檢驗局水量計審議委員

專長：水量計設計開發、流量量測技術、網路自動讀表系統設計開發、水資源管理資料庫系統設計開發

台水公司現代化之經營主軸

文/陳 福 田

壹、前言—有夢最美

管理大師 Peter Drucker 說：「企業存在的唯一目的，就是創造顧客」，申言之，企業經營必須「始於顧客，終於顧客」，以呼應「顧客是王」之新時代，是故，提供「質優、量足、服務好」之自來水乃本公司生存、成長之基石。

為求永續發展，本公司須時時審視產業之內、外部經營環境，植基 董事長之「經營理念」，擬訂企業之「使命」與「願景」，由而訂定「經營目標」與「經營方針」，進而衍生本公司之「主軸工作」，藉以貫徹落實。

董事長於 94 年 9 月就任之初，即提出「I²C，即誠信(Integrity)、創新(Innovation)、協調(Coordination)」之經營理念及「公共建設現代化、經營管理多元化、公司組織優質化」之經營方針，本公司應遵循 董事長具前瞻性之經營使命及具國際觀之經營方針，分就(一)卓越拔萃之團隊 (二)量足質優之供水 (三)以客為尊之服務等三構面 (Dimensions) 以落實執行九大主軸工作如后。

貳、卓越拔萃之團隊

一、強化組織功能

為打破原省營事業的舊思維，本公司應在法律架構下，建立國營事業體制，破除固步自封的作法。本公司改適用經濟部國營事業人事管理體制案，業報奉經濟部核定自 5

月 1 日起實施，本公司業已研擬更具現代化、國際化的組織結構，將循行政程序報核。惟為因應未來內、外在環境之迅速變遷，本公司宜及早未雨綢繆，採取如下途徑，期使日趨僵化的大企業也能兼具小企業的靈活彈性。

- (一)在組織內部採取「雙面靈活導向」(Ambidexious-oriented)，易言之，一方面適時成立彈性靈活的專案單位及創意部門，採有機式之團隊運作，賦予其責任與資源，以滿足顧客需要；一方面對於追求效率之生產及維護單位，則採機械式結構，以功能別部門分工創造效率。
- (二)在對外方面，將不屬於自己核心專長之活動，盡可能外包中衛體系或透過策略聯盟，以增加本身經營上之彈性。

二、活化人力資源

在知識經濟社會中，價值來自創新和策略應用，彼等所講求的，不是數量，而是素質；其績效並非取決於工作時間長短，而係植基於人員能力、動機、以及環境的支持與誘因等因素。

易言之，影響企業成敗之關鍵要素，不是「物」或「事」本身，而是「人」—一些能夠取得、應用知識的「知識工作者」。其因應之道，除了人力資源應作適當之確保、開發、維持與活用，以提升企業人力資源的價



值；更重要的是，對於知識工作者的管理，乃是引導、鼓勵和支持他們各盡所能，有效發揮其知識和能力，而非嚴格限制、指揮和監督。易言之，組織必須給予知識工作者學習成長的機會。

為避免組織持續老化，應建立學習型組織，循麻省理工學院 Peter Senge 教授所倡導的學習型組織的五項修練，在「組織願景」的引導下，透過「組織學習」、「系統思考」、「改善心智模式」，以求不斷激發潛能、「自我超越」，達到組織活化的效益。

三、創造盈餘

本公司成立以來，即配合政府政策，不斷進行各項重大投資，其經費除部分由政府政策性投資外，泰半仰賴舉債挹注，以致債款累增，財務負擔沉重。

為期營運正常，本公司應賡續採取各項開源節流措施，以增加營收、降低成本，並積極推動水價合理化，俾使水價適時反映成本，減少借款，健全公司財務；並善用各種金融工具，靈活資金之籌措及運用，冀期健全財務結構及降低資金成本。

四、健全會計制度及內控機制

為建立健全之會計制度，本公司除應詳實辦理年度預算之編製與分配，亦應嚴謹管控收支。值得一提的是，為確保簽證會計師之獨立性，應要求簽證會計師事務所落實會計師輪調機制。

為強化本公司內控機制，本公司尤應落實「內部稽核」。亦即強化檢核室檢核業務之興利功能，藉以提高資源運用效率及確保目標之達成。

參、量足質優之供水

一、公共建設投資

公共建設套案第一階段 3 年衝刺計畫中，本公司須配合辦理下列之「不缺水」計畫，以滿足民眾對飲用水水量、水質之需求。

- (一)提升水源調度與污水處理能力，解除桃園、新竹、台中、台南、高雄等地區之高缺水風險。
- (二)完成翡翠水庫與石門水庫連通管線，以提供較純淨之原水。
- (三)提升普及率：目前台灣自來水普及率約為 90.81%，相較於先進國家，仍有改進之空間（法國、荷蘭、瑞士、西班牙、新加坡及香港等地均達 100%；日本約為 96.9%）。為使人民生活品質達到先進國家之水準，各業管單位應研擬配合方案。
- (四)降低漏水率：為有效防止系統漏損、提升售水率，本公司已成立「漏水防治總隊」，除汲取先進國家寶貴經驗，亦分就漏水管理四大要項(管線汰換、漏水檢測、修漏作業、水壓管理)，擬訂中長程管網改善計畫，密集研商對策。

二、重視風險管理

過去每逢颱風來襲，原水濁度劇升，遠超出本公司淨水廠之處理能力。桃園地區遭受 93 年艾莉颱風及 94 年海棠、泰利、馬莎等颱風，造成石門水庫集水區嚴重崩塌，致庫區泥砂量激增，原水濁度遠非本公司淨水廠所能處理，導致分區輪流供水、停水事件，鑑往知來，風險管理之重要性自不待言。

本公司已建立「緊急應變處理機制」，惟欲提升公司風險管理能力，尚應落實下列事

項。

- (一)落實緊急供水應變計畫
- (二)緊急材料供應計畫
- (三)淨水場功能評鑑
- (四)建立備援系統及區域間連通管路
- (五)加強水壓、水量之調配，減少破管停水事件
- (六)落實訊息快速回應機制。

肆、以客為尊之服務

一、提升服務品質

近年來消費者意識抬頭，復因資訊科技發達、資訊取得容易，消費者對企業的要求越來越高。為提升服務品質，創造價值，本公司應以顧客導向為依歸，塑造創新、服務、效率之企業文化，致力如下改進措施。

- (一)為節省用戶洽辦時間，縣市政府所在地之營運、服務所，成立「『隨到取成』得來速窗口」；並應落實「電子化單一窗口」，務求一處收件、全程服務，冀期各地申請案件均可隨到隨辦。
- (二)強化電子帳單與網路 e 櫃檯電子化服務。
- (三)CSC 客服系統與修漏系統整合連結。

二、推動資訊整合

本公司各單位之業務多已進入電腦化作業，大幅提昇工作效率。惟本公司各資訊系統係依不同之建置時程分別建置，以致資料庫各自獨立分散，整體性資料需透過不同方式取得，致使資料彙整曠日費時，無法即時取得整合性資料，由而影響決策品質與效率。

本公司應積極推動創新 e 化整合服務及流程改造，以簡易、便捷及有效率的網路服務，提昇企業競爭力，實現電子化政府便民的終極目標。今後，公司應強化系統與系統

間整合，將整個組織的作業流程貫穿，使資訊透明化、即時化，達到企業資源運用之最佳化。例如：總處營收帳項與現金數資訊化系統建置整合；客服、修漏、水產監控、GIS 等系統整合；營運管理資訊系統與材料、財產、會計等系統整合建置。

此外，為因應本公司組織調整及員工退休所衍生的知識經驗斷層問題，本公司尚須規劃知識管理系統，並運用數位學習系統，結合通訊、電腦與影音多媒體技術，突破時空限制，從傳統教室的教育訓練型態，轉型成為運用網際網路的學習方式，提供員工隨時、隨地進行學習的環境。

三、多角化經營

本公司除須深耕本業，未來的經營將朝向多角化經營。以水為主體建構核心能耐 (Core Competence)，由既有的優勢出發，專注於能耐的扎根，並延伸發展整套的水利產業。目前除積極推動活化資產相關業務外，亦進行委外產、銷售包裝水作業；未來，本公司計劃推展海洋深層水業務、阿拉伯國家基礎建設之水事業投資，以追求核心業務與相關產業間之綜效 (Synergy)、降低經營風險。

伍、結語——築夢踏實

面對 21 世紀多變的經營環境，企業應重視的不是效率 (Efficiency) 和穩定 (Stability)，而是效果 (Effectiveness) 和創新 (Innovation)。畢竟，面對多變的環境，企業經營方向的正確與否影響企業生存，故須以「做對的事」(效果) 取代「把事做好」(效率)；穩定導致墨守成規，組織終將停滯不前，故須以「創新」取代「穩定」。易言之，卓越的企業經營者必須塑造組織願景-美麗



的「夢」，帶領員工笑迎變革、築夢踏實。

本公司遵循董事長 I²C 之經營理念及「公共建設現代化、經營管理多元化、公司組織優質化」之經營方針，以塑造「成為國際級的水事業標竿企業」為願景。本公司同仁更應同心協力，共同打拚，落實本公司九大主軸工作，築夢踏實，一步一腳印，讓沿路的石頭鐫刻下我們之里程，終使「美夢成真」。

作者簡介

陳福田先生

現職：台灣自來水公司總經理

專長：(一)自來水規劃、設計與施工

(二)策略管理

現場電解消毒技術應用初探

文/甘其銓、萬孟瑋、黃俊穎、林敬涵

一、前言

水是人類所賴以生存的要害，自來水的供應代表著文明發展，而自來水供水品質攸關大眾健康，自來水不能受到病原菌之污染，必須確保安全與衛生，只以沉澱、過濾等一般淨水方法不可能完全祛除水中之細菌，並為確保配水系統之安全與衛生，需要確實的消毒。加氯消毒一直是一般淨水程序用以控制水質衛生指標的傳統方法，利用其消毒能力在淨水廠內與配水管網中控制微生物的成長與其他有機或無機污染物質的污染，以確保供水品質的穩定及安全。除採用氯系消毒劑之外，近年來亦有其他消毒劑如臭氧、二氧化氯等消毒劑已被公告可用於自來水的處理藥劑，但由於淨水廠內設施設備修正不易，以及成本與操作便利、安全性的考量，以致應用的普遍性不高。

台灣目前的自來水消毒藥劑仍是以氯系藥劑為主，其中又以次氯酸鈉為主要的消毒藥劑，一般淨水廠皆會購置 10~12%有效氯的液態次氯酸鈉並儲存於藥桶之中，由於現場藥劑儲存槽容量與每日的消耗用量不等，次氯酸鈉於現場的儲存時間從數日至數個月，因此也存在次氯酸鈉老化的問題。台灣地區由於地形高低起伏以及諸多離島，小規模淨水廠或是簡易自來水廠數量多達 350 座以上(黃氏，2007)，而次氯酸鈉儲存以及運送將是不容忽視的問題，在成本經濟、操作與維護便利以及安全考量之下，本文介紹一現場製

造消毒藥劑的技術——綜合氧化液，透過此一技術在國外使用於淨水處理，以及在國內於 SPA 池消毒的研究經驗整理，發現此一技術於現場可製造穩定及效率良好的消毒藥劑，研究群有鑑於此，冀望透過此一技術的使用與推廣，可解決台灣偏遠地區自來水消毒的窘境。

二、綜合氧化液

現場電解製造消毒劑技術基於電解原理進行，將水加以電解，在陽極會生成具氧化力之酸性水，陰極則生成具還原力之鹼性水，這兩種不同性質的產出水在實際應用上可分為酸性水與鹼性水，酸性水可用於殺菌、收斂水、器皿清潔、烹調、電子零件及晶圓清洗等；而鹼性水可用於飲用、保健醫療、食物清洗浸泡、電子零件及晶圓清洗等。而本文所介紹的現場電解製造消毒劑技術，主要是透過電解氯化鈉溶液所產生之綜合性氧化液，在美國、日本等地已廣泛用於淨水廠消毒。綜合氧化液之製程僅使用水與鹽為材料，經電解後產生液態氯為主之氧化液，其製造流程如圖 1 所示，20 年來已使用於美國各處之淨水廠消毒，現此技術已於數國申請專利，稱為 MIOX，擁有公司亦名為 MIOX Inc.。

由圖 1 可知，綜合氧化液係電解水與鹽(氯化鈉)溶液所產生之綜合性氧化液。電解時，正極端產生次亞氯酸(HOCl)、二氧化氯(ClO_2)、臭氧(O_3)、氯氣(Cl_2)、氧氣(O_2)及氫

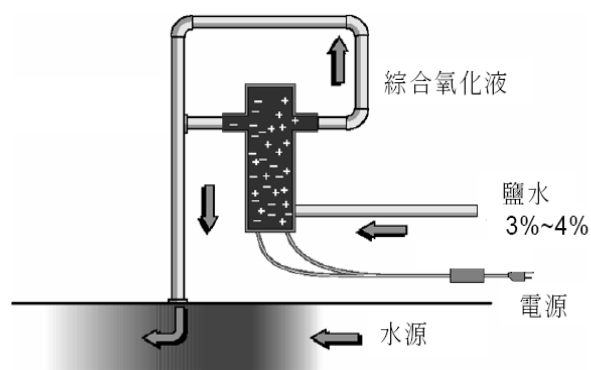


圖 1 綜合氧化液之製造流程

氧基($\text{OH} \cdot$)；負極端產生次氯酸鈉(NaOCl)、氫氧化鈉(NaOH)、氫氣(H_2)等具氧化作用力之成分。綜合氧化液即為正負極產物的混合液，因此綜合氧化液之組成為自由餘氯 (Free Available Chlorine)、臭氧 (Ozone)、二氧化氯(Chlorine Dioxide)、過氧

化氫 (Hydrogen Peroxide) 及其他氧化劑 (Unmeasurable Oxidants) 如氫氧基等。

綜合氧化液之功能包括除菌消毒、提供穩定持久之自由餘氯、促進水中微凝結作用 (Microfloculation)、改善水質(除臭、除味、除鐵、鹽及硫化氫)、消除管壁生物膜及藻類、降低副產物(三鹵甲烷)等。綜合氧化液消毒除菌效果，依據 Barton (1993) 的研究，比較綜合氧化液與氯氣的除菌效果，結果如圖 2 所示，在同是 1mg/L 的有效氯之下，綜合氧化液的抑菌表現優於氯氣。

Venczel (1997) 的研究亦指出，綜合氧化液對病毒、病菌及原生物亦具 3~6 Log 之去除率，如表 1 所示。

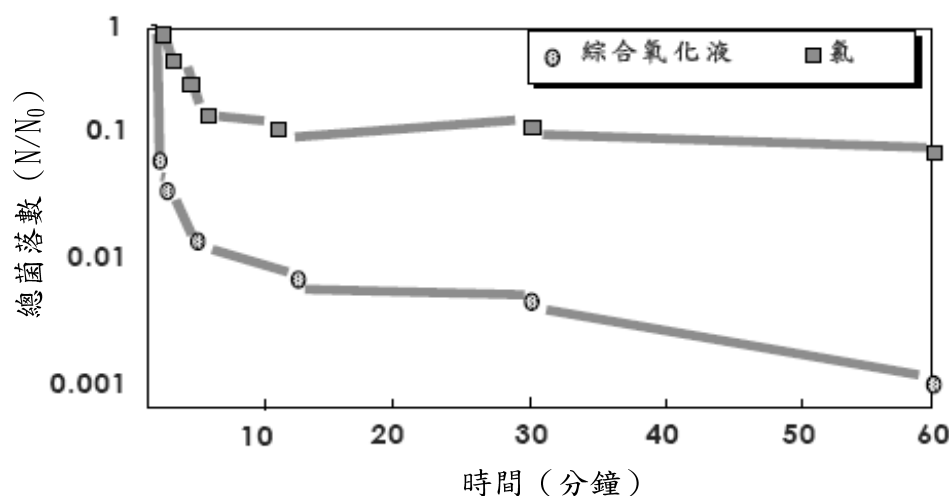


圖 2 綜合氧化液與氯氣抑菌效果比較 (Venczel, 1997)

表 1 綜合氧化液對不同微生物之消毒效果

微生物種類	有效氯濃度	微生物數量	作用時間	消毒效果
梨形鞭毛蟲	3.5	4.5×10^3	30	4
隱孢子蟲	5.0	1.0×10^6	240	3.5
大腸桿菌	4.0	1.0×10^6	60	6
退伍軍人症菌	0.5	1.0×10^7	15	4.5
肝炎病毒	1.0	1.0×10^6	60	6

Herrington & Bradfod(2000)於三級處理之放流水中，加入 10mg/L 有效氯之綜合氧化液，對大腸桿菌之消毒效果如圖 3 所示，於 CT 值 10 min-mg/L 時即可達到 5Log 的消毒效果，於 CT 值 30 min-mg/L 時即可達到 5.5Log 的消毒效果。根據 Venczel(1997)研究指出，綜合氧化液可維持其強度 5 天，即使經過 14 天，其濃度仍有原來之 50%。

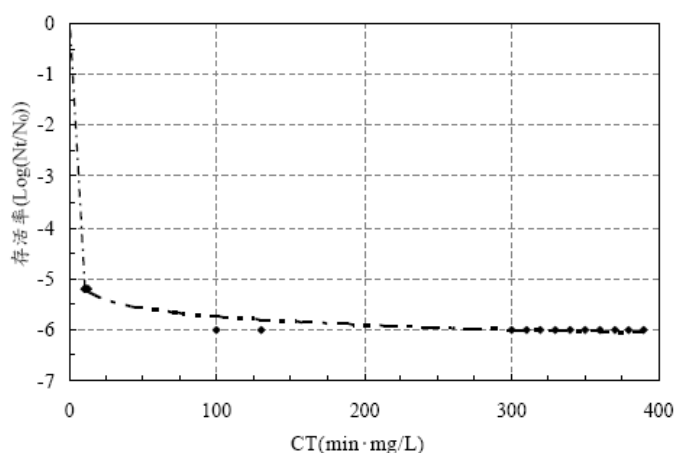


圖 3 綜合氧化液於不同 CT 值下對大腸桿菌抑菌之效果 (Herrington & Bradfod,2000)

而根據 MIOX 公司在美國各地自來水系統量測之結果如圖 4 所示，在相同消毒效果的前提下，綜合氧化液的使用比使用氯氣消毒，可降低 30~50%三鹵甲烷 (THM) 的產生量。綜合氧化液除氧化能力比氯氣高出 1.4 倍外，其自由餘氯亦可維持較久，依照 MIOX 公司實際操作經驗顯示，Bloomfield 淨水場原使用氯氣改用綜合氧化液後，劑量減少 30%仍可維持所需之餘氯；Cash Water Supply 淨水場使用綜合氧化液後，自由餘氯可維持至輸水管末端，而免除三座氯氣加壓站；Lamar County 淨水場在 25 哩之輸水管內，綜合氧化液仍可維持 1.0mg/L 之自由餘氯，而使用氯氣時只能維持 0.2mg/L 之自由餘氯。

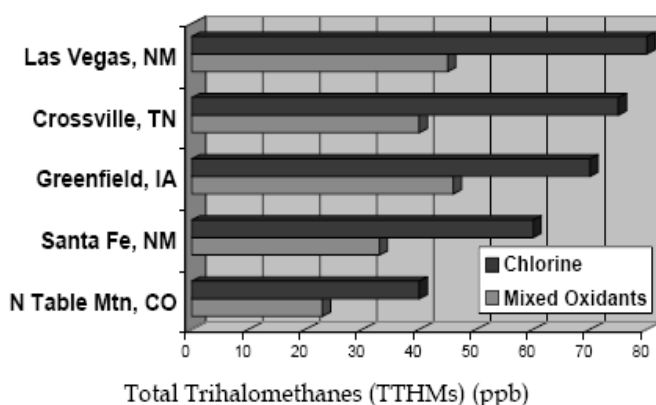


圖 4 綜合氧化液與氯氣對三鹵甲烷生成之影響

由此可見，綜合氧化液應用於自來水的消毒有其優勢，底下針對綜合氧化液與其限制進行整理：

(一) 優勢

- (1) 操作簡易安全：原料只需水、鹽及電源；現場製造、溶液不含危險物質，降低製造、使用、貯存及運輸之危險性；設備為自動、自行診斷系統，無需特殊操作訓練；氧化液產生穩定，無需調整；費用低廉、具高經濟效益（每噸水約 0.35 元，使用氯系藥劑約 0.25~0.3 元）。
- (2) 消毒力強，產生的自由餘氯較氯系藥劑穩定持久。
- (3) 降低副產物之形成。
- (4) 設備所佔空間甚小。
- (5) 符合美國 EPA Clear Air Act 風險管理、職業安全衛生署 (OSHA) 製造安全管理及國際防火法規等規定。

(二) 限制

- (1) 原料中之鹽需高純度(99%以上)，避免雜質損壞電解設備；另外，使用泡製鹽的水，其硬度需控制，避免於電極板上結垢，影



響電解效率。

(2)綜合氧化液製造過程會產生微量之氯氣，必須排出室外之空氣中。

(3)尚未取得台灣環保署之淨水藥劑許可。

三、應用綜合氧化液於 SPA 之水質維持成效評估

本研究對 MIOX 公司的 SAL-40 機台所製造出的綜合氧化液進行特性分析，結果如下表表 2 所示，綜合氧化液的原液有效氯濃度為 3800ppm，pH 值為 8.73，導電度為

28.8ms/cm，而利用澳洲日照鹽（NaCl 純度高於 99%）所電解出來的綜合氧化液的溴酸鹽為 3.5ppm。

研究群於嘉南藥理科技大學水療館即利用 SAL-40 所產生的綜合氧化液進行消毒試驗（如圖 5a.b.所示），每日於下午六點（每日 SPA 池關閉時間）進行水質採樣，SPA 池總容量約 350 噸，研究之中平均於 SPA 四個區域進行混合水樣採樣，實驗期間由 7/29 至 8/7 共十天。

表 2 綜合氧化液特性分析

	pH 值	有效氯.(ppm)	導 電 度	溴酸鹽(ppm)	ORP(mv)
綜合氧化液	8.73	3800	28.8	3.5	733.8

(a)



(b)



圖 5 (a) MIOX 現場裝置 (b)嘉南科大 SPA 池俯視

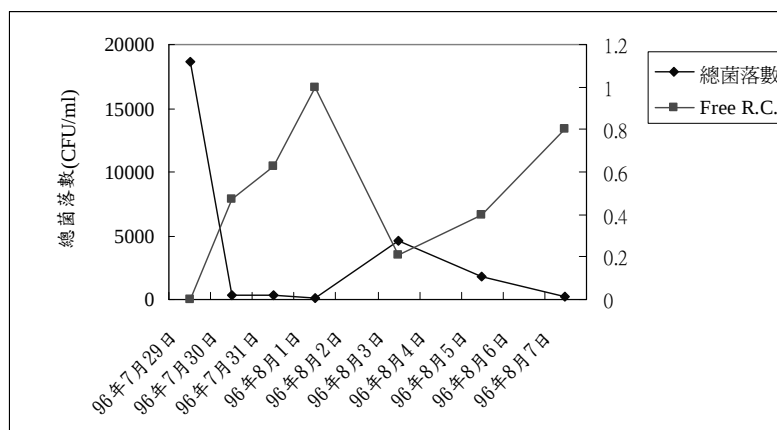


圖 6 SPA 池內自由餘氯與總菌落數之關係

實驗結果如圖 6 所示，7/29 當日共 120 名 SPA 使用人次且當日尚未進行加藥消毒，導致當日總菌落高達 18287 CFU/mL，於 7/30 開始進行 SPA 人數管控（每日約 40 人），並進行綜合氧化液的加藥，有效餘氯為 0.5 mg/L，總菌落數即減低至 296 CFU/mL，而隨著綜合氧化液的加藥量增加，總菌落數皆維持在 50~350CFU/mL，於 8/3 當日將綜合氧化液的加藥減少至有效餘氯為 0.2 mg/L，總菌落數即增加至 4566 CFU/mL；但於 8/4 之後將綜合氧化液的加藥增加，總菌落數即呈現減少趨勢。

四、結論

在台灣，自來水消毒仍是以氯系藥劑為主，現場藥劑儲存的安全與老化，以及消毒藥劑製造出廠的品質，皆直接影響自來水事業供水的品質。經由文獻的分析整理，本文所介紹之現場製造消毒藥劑的技術—綜合氧化液業已廣泛應用於美、日等先進國家的自來水淨水消毒，且效果顯著，消毒副產物的產生亦比傳統氯系藥劑來的低，台灣地區諸多小規模淨水廠或是簡易自來水，在成本經濟、操作與維護便利以及安全考量之下，綜合氧化液應可解決台灣偏遠地區自來水消毒的窘境，並提供優質、安全的飲用水。

參考文獻

1. Barton, L., "Evaluation of the MIOX system for Killing Coliform Bacteria in Swage Water", Department of Biology, UNM, 193.
2. Venczel, L., "Evaluation and Application of a Mixed Oxidant Disinfection System for Waterborne Disease Prevention", 1997.
3. Herrington, R.E. and Bradford, W.L., "Mixed-oxidant Applications in Wastewater", Disinfection 2000, Water Environment Fateration, New Orleans, LA, 2000.
4. 黃志彬、袁如馨、甘其銓，建立自來水公司淨水場綜合效能評估制度研究及試行(二) —提升營運智識支援系統運行效益，台灣自來水公司，2007。

作者簡介

甘其銓先生

現職：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系助理教授

專長：淨水技術、溫泉資源管理

萬孟璋先生

現職：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系助理教授

專長：環境採樣與分析、高級廢水處理技術、超音波氧化脫硫技術

黃俊穎先生

現職：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士生

專長：溫泉循環淨化、環境採樣與分析

林敬涵先生

現職：嘉南藥理科技大學醫藥化學系助理教授

專長：環境採樣與分析、有機化學



「研究快訊」一

計畫名稱：自來水公司淨水場污泥自資資源化之研究

委託單位：台灣自來水公司

研究單位：國立中興大學生物科技發展中心

研究人員：袁如馨、黃志彬等

研究期間：自民國九十六年七月二十日至民國九十七年七月十九日

一、前言

台灣省自來水公司每年約有 15 萬公噸之淨水污泥產生，淨水場產生之淨水污泥多以公開招標方式請合法之代處理廠商代為處理，每公噸處理費用將視投標廠商數、淨水污泥之化學組成及淨水場地理位置不同，而須支付代處理廠商每公噸數百至一千多元不等代處理費，成為自來水公司營運主要支出；且少數地理位置較偏遠之淨水場，有時會遭遇無廠商願投標代處理而流標之窘境，而使淨水污泥代處理費用更加高漲。

自來水淨水污泥為經濟部公告「經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式」中第三十九項需再利用廢棄物，也因此自來水場污泥清運招標得標廠商後續處置為進行資源化再利用。目前實務上淨水污泥再利用資源化技術可簡單分為經過燒結處理及直接使用兩類，分述如下：

燒結處理：淨水污泥經高溫乾燥後進行燒結處理，可用於建築用磚、人造輕質骨材及水泥熟料等建築材料中部分原料的替代使用。

直接使用：淨水污泥經簡單乾燥降低含水率後，經由造粒程序，拌合其他材料直接利用，如拌合有機質生產園藝培養土、土壤

改良劑及利用於邊坡植被；以及拌合水泥、輸氣劑與骨材作為管溝回填材料使用等。

自來水公司於民國 90 年起積極推動與污泥再利用產業合作，惟仍需給付再利用業者污泥處置費用，為此乃提出本計畫，期望以水公司多角化經營方式考量，進行水公司自資成立污泥再利用機構之可行性評估，以達開源節流之目的。本計畫由中興大學生物科技發展中心研究團隊負責執行，計畫將於九十七年七月完成。

二、研究內容

預計將執行下列工作內容：

- 1.淨水污泥在實務上應用種類之可行性探討。
- 2.以最低投資成本可達開源節流之污泥再利用方式、實務營運上之操作方法與試驗配方測試探討。
- 3.水公司成立再利用機構之法規限制因素、成本分析與經濟效益、再利用產品貨流通量等之法規面、技術面、經濟面、市場行銷面等之綜合評估探討。
- 4.收集國外自來水公司自資籌建淨水污泥再利用機構之營運模式探討。
- 5.研提水公司自資籌建淨水污泥再利用機構營運模式之可行性評估建議。

三、預期成果

依據行政院環境保護署「全國事業廢棄物管制系統」廢棄物申報資料，統計淨水污泥再利用產業每年約兩億六千萬元產值。若水公司能自資籌建自來水淨水污泥再利用機構，不僅能有效將淨水污泥處理費用大幅減低，改善水公司產水成本結構，亦可解決偏遠地區小型淨水場之淨水污泥處置問題，進而可成立自有品牌銷售，以增加財源。因此本計畫將以水公司多角化經營方式考量，對於實務上淨水污泥再利用方式進行水公司自資成立淨水污泥再利用機構之綜合可行性評

估，並提出建議之污泥再利用用途優先順序，以作為水公司成立污泥在利機構之運作參考，期望使水公司達開源節流，多角化經營目標。

期達成下列成果：

- 1.提出水公司淨水污泥自資資源化之最適用途優先順序。
- 2.提出水公司污泥資源化廠建廠綜合可行性評估。
- 3.提出淨水污泥再利用可行用途之配方初步研究。
- 4.提出再利用廠營運規劃建議。



國際水協會（IWA）
2007年出版
刊物已經出爐，
有意了解的讀者，
請至 IWA 官方網站
(www.iwapublishing.com)
查詢、訂購



「研究快訊」二

計畫名稱：原水受汽機柴油污染現況調查及受污染後最適化處理之研究

委託單位：台灣自來水公司

研究單位：逢甲大學

研究人員：吳志超、方鴻源、黃文鑑、鄭文伯等

研究期間：自民國九十六年八月十日至九十七年八月九日

一、計畫緣起

近 10 年來台灣地區汽機車增加 1.5 倍，加油站數量也從民國 86 年的 1407 座增加至 96 年 4 月的 2549 座，不僅加油站油品發油量大增連帶油品儲存槽增多且油罐車運油也日趨頻繁，油品外洩機會也相對大為增加。再者不肖業者惡意傾倒廢油及淨水場水源上游砂石業者採砂機具漏油等原因，均易導致淨水場原水受汽機柴油污染風險增加，進而影響自來水公司供水安全及用戶人體健康。此外油品易在水面延伸擴展形成厚度約為 0.1mm 的浮油，會形成阻隔層限制光線及氧氣穿透，使水中生物及植物死亡，而影響水中生態系統。汽油組成分中之苯、甲苯及二甲苯等乃環保署公告列名之毒性物質，油中所添加之抗爆物甲基第三丁基醚（MTBE）及經引擎燃燒後所排出之多環芳香烴化合物（PAHs）一旦污染原水及飲用水亦對人體產生危害。

二、計畫概要

本研究乃由逢甲大學吳志超教授、雲林科技大學方鴻源教授、弘光科技大學黃文鑑教授、聯合大學鄭文伯教授之團隊負責執行，計畫將於九十七年八月完成預計將執行

下列三項工作內容：

1. 設計出水量一萬噸之淨水場（122 座）原水採樣及油含量分析。
2. 含油原水去除程序試驗及最適化處理單元程序建立（以坪頂淨水場為研究目標場）。
3. 防治策略及緊急應變措施研擬。

三、預期效益

本研究主要針對國內一萬噸出水量之淨水場進行原水含油量調查，另一方面進行坪頂淨水場最適化處理之試驗及研究，最後再辦理一場諮詢研商會以利研擬防治策略及緊急應變措施。

「研究快訊」三

計畫名稱：水公司各淨水場清水、配水鹵化乙酸含量背景資料調查建立暨淨水處理技術與處理成本之評估分析(期中報告)

委託單位：台灣自來水公司

研究單位：台灣大學公共衛生學院

研究人員：王根樹、童心欣、張慧嫻等

研究期間：自民國九十五年十月至九十六年十月

一、執行摘要

含鹵乙酸為消毒副產物中的主要物種之一，目前已有研究指出部分含鹵乙酸可引起肝毒性及基因毒性等健康效應，且部分具致突變性或致癌性。台灣地區雖仍未針對含鹵乙酸制訂標準，但環保署已進行資料蒐集討論並研擬管制標準中。本計畫使用 USEPA Method 552.3，於 96 年 2 至 3 月間透過水公司各區處之協助，共採集台灣地區 87 個淨水場清水及其具代表性之配水樣本進行分析，並選擇其中具代表性之 5 個淨水場進行各處理單元之全流程採樣，以瞭解 HAA₅ 於淨水場中之生成特性。由本次採樣分析結果顯示，台灣各地區清水樣本中 9 種含鹵乙酸總濃度大約分佈在 1.09-60.61 $\mu\text{g/L}$ 之間，配水樣本中 9 種含鹵乙酸總濃度大約分佈在 1.72-59.06 $\mu\text{g/L}$ 之間。本計畫亦已將 USEPA Method 552.3 依環檢所標準方法格式改寫，並建議環檢所公告為參考方法，以利分析人員參考使用。

二、九十六年第一次採樣結果

本研究於民國 96 年 2 月至 3 月間，進行計畫第一年度之枯水期（第一次）樣本採樣

及分析，分析之消毒副產物物種包括清水及配水中之三鹵甲烷及含鹵乙酸。此次飲用水中三鹵甲烷之分析結果顯示，台灣地區進行採樣之 82 個淨水場之清水及配水樣本皆低於 80 $\mu\text{g/L}$ 之管制標準，檢測結果亦顯示僅有少數淨水場清水中三鹵甲烷濃度介於 40-70 $\mu\text{g/L}$ 之間，未來必須注意清水三鹵甲烷濃度是否偏高。而在飲用水中含鹵乙酸的部分，第一次採樣針對 82 個淨水場所分析之清水及配水的樣本中，亦皆能符合 HAA₅（五種鹵乙酸）低於 60 $\mu\text{g/L}$ 之參考標準。依據此次採樣結果，台灣地區飲用水中消毒副產物之濃度皆可達到現階段消毒副產物的管制標準，少數消毒副產物生成濃度較高之淨水場應注意其水源水質特性並配合適當之操作，以有效降低消毒副產物之生成量。為必須注意本次採樣係屬於冬、春季節採樣，一般淨水場消毒副產物濃度（包括三鹵甲烷及含鹵乙酸）較低。本計畫第二次採樣於 7-8 月間進行，可預期清水及配水之三鹵甲烷及含鹵乙酸濃度將高於第一次採樣之結果。

含鹵乙酸為本計畫之主要監測對象。在含鹵乙酸物種分佈比例上，在台灣本島地區所採集水樣中，由於所添加的消毒劑為含氯消毒劑，故不論是清水或是配水樣本中，所

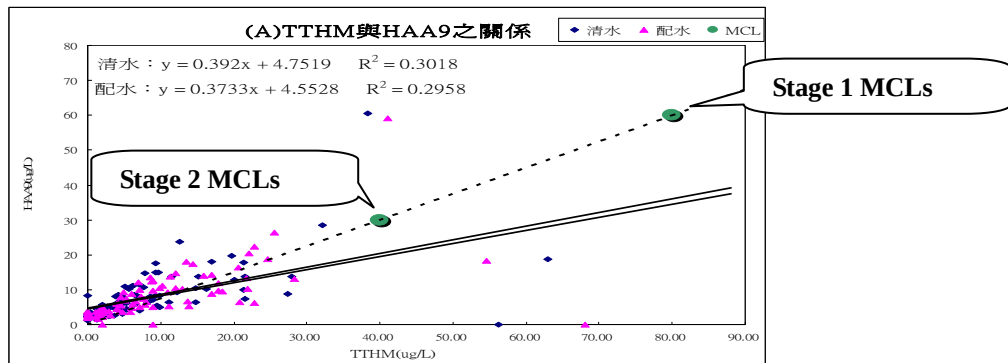


生成之含鹵乙酸以二氯乙酸（DCAA）及三氯乙酸（TCAA）為主要物種，兩者約佔 55-56%，其次為一氯一溴乙酸（BCAA），約佔 16-17%。但外島地區之含鹵乙酸物種主要為含溴物種，包括二溴乙酸（DBAA）及 BCAA，部分樣品並含有本島地區極少出現

之含溴三鹵乙酸。

三、含鹵乙酸與三鹵甲烷之關係

本計畫第一次採樣含鹵乙酸與三鹵甲烷生成濃度間的關係示於圖一。

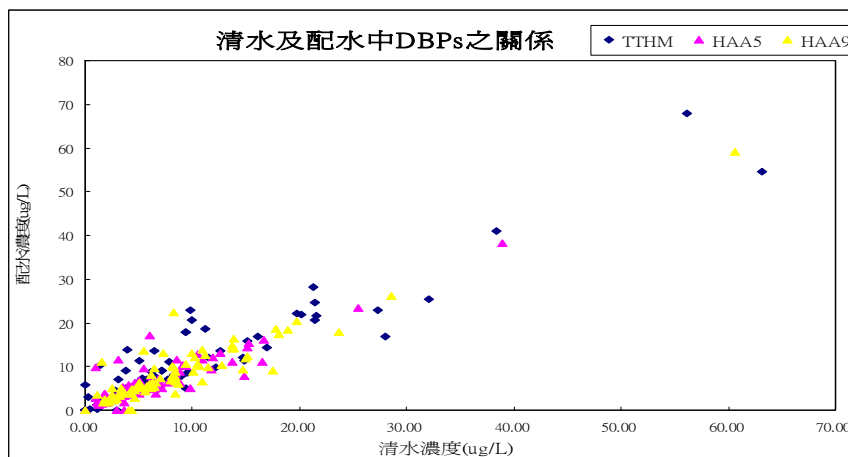


圖一 本研究第一次採樣數據中 TTHM 與 HAAs 之關係

四、清水與配水間之濃度散佈差異

圖二所示為本次採樣分析結果清水與配水中消毒副產物濃度之關係。可觀察到以本次的採樣分析結果看來，不論是含鹵乙酸或三鹵甲烷，在清水或是配水樣本中，濃度分佈並無明顯差異。故若以本次單一採樣結果之濃度分佈狀況而言，台灣地區飲用水中消毒副產物從淨水場處理完畢後，經由管線運

送到達管線末段濃度不會太大的變化，因此就本次採樣結果，進行淨水場清水樣本之檢測，已足以代表供水區域之飲用水中消毒副產物含量。惟本次採樣係於水溫較低之季節進行，配水系統餘氯降解速率較慢，對於含鹵乙酸濃度改變之影響較小。待夏季第二次採樣執行後，較能確定清水與配水間消毒副產物濃度之關係。



圖二 清水及配水樣品中消毒副產物濃度之關係

「研究快訊」四

計劃名稱：國外使用淨水用藥劑之申請公告研究（第一年）（期中報告）

委託單位：台灣自來水公司

研究單位：工業技術研究院 能源與環境研究所

研究人員：胡伯瑜、楊琇瑩、曾治乾、林慧玲、周珊珊

研究期間：自民國九十五年十一月一日至九十六年十月三十一日

一、計畫目的

依據飲用水管理條例第十三條規定，新使用之淨水用藥必須由自來水公司向環保署提出公告申請。本計畫為滿足台灣自來水公司藥劑使用多元化及水質處理需要，並配合全球氣候變遷及現代民生高度發展需求所產生之嶄新需求，提出新藥劑之公告申請；並針對美國、加拿大、日本、紐西蘭、澳洲及歐盟所使用或公告之淨水用藥劑加以蒐集並探討。再者，參照前項所蒐集之資料，與我國相關法規比對，其中我國尚未公告之藥劑依據其技術、安全及經濟等特性，研擬排列出符合水公司需求之前 10 種藥劑；並依飲用水水質處理藥劑申請公告作業準則相關規定，蒐集整備公告審查相關資料，並協助水公司進行公告申請。

二、期中執行成果

(一)就國外藥劑公告資料庫整備匯集部份，首先針對藥劑之基本遴選原則，原則分為五類，依類別分為：(1)生物作用之營養鹽類 (2)混凝劑/膠凝劑/助凝劑/助濾劑類 (3)水質礦化劑/水質軟化劑類/管線抗腐蝕劑類 (4)pH 調整劑類 (5)消毒劑/清潔劑/管線抗結垢劑類。而依此分類原

則，美國、加拿大、日本、紐西蘭、澳洲及歐盟已公告之混凝劑系藥劑（含膠凝劑、助凝劑、助濾劑）共有 41 種；水質礦化劑/軟化劑共有 3 種；管線抗腐蝕劑共有 16 種；pH 調整劑共有 15 種；消毒劑/氧化劑共有 20 種；抗垢劑共有 5 種；生物作用之營養鹽類共有 4 種；其他藥劑共有 10 種，總計 114 種淨水藥劑。

(二)因應高濁度問題，本次藥劑提案建議已在美、加地區廣泛使用之聚硫酸鐵（Ferric Sulfate）及聚氯化己二烯二甲基胺(polydiallyldimethyl-ammonium chloride))作為新申請之高濁度對應藥劑；低濁度的形成在於細小懸浮物質滯留水體中，導致難以形成進入去除機制之膠羽。針對此一需求，建議將在日本滋賀縣長濱市淨水廠已有使用實績之聚矽酸鐵混凝劑（polysilicato iron coagulant, PSI），此種針對白濁水具強效功能之低濁度混凝劑提出公告申請；關於硝酸氮去除議題，現今水公司已著手進行生物脫硝作用的模廠運轉，為使生物反應所需營養鹽類得以補充，因此在本次申請公告藥劑名單中列入乙醇與磷酸作為生物脫硝作用所需之碳源與磷源。為求增加過濾效益，增加單位截留懸浮物表面積，列入



皂土(bentonite)為提出申請之助濾劑；為有效增加管線抗垢之酸劑，提列鹽酸(HCl)；為降低地下水體所導致之 LSI，提列水質軟化劑碳酸鈉(Na_2CO_3)、氯化鈣(CaCl_2)與氧化鈣(CaO)；為增加水體 LSI 避免腐蝕發生，提列碳酸氫鈉(NaHCO_3)作為申請公告之水質礦化劑/軟化劑，藉由溶解作用致使水溶液呈微鹼性，藉以提高 LSI 值。近似功能同於 CO_2 ，提列為本次提案之 pH 調整劑。氧化劑提列 H_2O_2 一項；在本次提案藥劑中，抗垢劑作用界定在管線抗垢用途方面（膜除垢依法規規定不需提申請）。總結國外已公告之藥劑資料庫，並按水公司需求先後順序，經水公司評選後新藥劑擬申請排序為：(1)聚矽酸鐵凝劑/PSI (2)乙醇/Ethanol (3)磷酸/ H_3PO_4 (4)皂土（膨潤土）/bentonite (5)二氧化碳/ CO_2 (6)鹽酸/HCl (7)硫酸鐵/ferric sulfate (8)聚氯化己二烯二甲基胺/ $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{NCl}$ (9)碳酸氫鈉（小蘇打）/ NaHCO_3 (10)碳酸鈉（蘇打）/ Na_2CO_3 (11)氯化鈣/ CaCl_2 (12)氧化鈣（生石灰）/ CaO (13)過氧化氫（雙氧水）/ H_2O_2 (14)氯錠等共計十四項藥劑。

(三)鑑於我國對水質處理藥劑申請公告者的資格限定為自來水事業，自設公共給水設備之管理單位，以及簡易自來水之管理單位三者之一，國內的藥劑製造商和藥劑代理商都不具申請的資格，自來水公司日後勢必肩負對環保署提出新藥申請公告之責任。為增進淨水用藥合乎應用需求及安全穩定、經濟實惠與技術應

用適當等考量，水公司制定內部先行評估及審查機制有必要。

(四)初步建議構想為包含二級審查之初、複審制度。其中初審以書面文件檢查是否齊全為主，目的主要為審查藥劑提供者基本資格，與對環保署提案基本資料之先期驗證；複審則以實質內容審查為主，審查內容將針對藥劑之製造流程、藥劑特性等細部內容進行審查，待兩階段審查通過之後，即可提報環保署進入公告申請階段。為避免廠商所提資料太過粗糙及送審案件過多，增加初審案件數量、不必要複審會議召開及提送環保屬審查件數增加，審查門檻之訂定應有相當之制約。審查(初、複審)以從嚴為原則，以期有效減少藥劑送審浮濫及行政資源之有效利用。初審階段執行人員初步構想以業管單位為主，以二至三員負責送審資料初步審查。藥劑廠商送審資料至少需包括環保署送審制式文件內容，另外還有所提藥劑法規面、經濟面、技術面及安全性等相關完整性資料、所有文件之中文譯本。業管單位負責人員以藥劑提供者文件完整性進行初步審查，若有文件欠缺或填寫內容不實境況，則予以退件處置。藥劑提供者遭退件後，仍可有提供資訊修正與文件補充之補件機會；基於對藥劑應有之基本認知與行政效率得以兼顧，補件程序應於距初審結束後 15 日內完成，並以兩次為限，如有再次發生文件不正確與詳實者，則不再受理藥劑公告申請。



國際自來水研討會訊息

編輯小組

日 期	會 議 名 稱	地 點	主 辦 單 位
	會 議 相 關 訊 息 網 址		
5-7 Sep. 2007	International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2007)	Cos island, Greece	The Global Network for Environmental Science and Technology
	http://www.gnest.org/cest		
12-14 Sep. 2007.	New Directions in Urban Water Management	Paris, France	The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)
	http://www.unesco.org		
24-26 Sep. 2007.	European Water & Wastewater Management Conference	Newcastle, UK	Aqua Enviro Group
	http://www.aqua-enviro.net		
15-16 Oct. 2007	Desalination & Power in the Middle East	Dubai	WILMINGTON
	www.wilmingtonconferences.com		
17-19 Oct. 2007	2nd leading edge conference on strategic asset management 2007	Lisbon, Portugal	International Water Association
	http://www.lesam2007.org		
24-26 Oct. 2007	First International Conference on Metals and Related Substances in Drinking Water	Antalya, Turkey	Swansea University School Of Engineering
	http://www.meteau.org		
28 Oct. – 1 Nov. 2007	2nd IWA – ASPIRE (Asia-Pacific Regional Group Conference & Exhibition)	Perth, Australia	Australian Water Association
	http://www.awa.asn.au/		
5-16 Nov. 2007	Advanced Issues in Water Resources Management	Washington DC	Institute for Public-Private Partnerships, Inc.(IP3)
	http://www.ip3.org		
96 年 11 月 16 日	中華民國自來水協會第 24 屆自來水研究發表會	桃園	中華民國自來水協 會
	www.water.gov.tw		



國際自來水瞭望台

編輯小組

美國：重要的水利法案在參議院裡被耽擱了 (08/14/07)

美國議院已批准了百億美元的重要給水利法案，但是卻遭參議院擱置了。在參議院年度議案中並未理會路易士安那洲受到颶風侵襲及沿海城市恢復總計預算超過的 35 億美元的 900 多個計畫、加利福尼亞洲超過的 20 億美元計畫、佛羅裡達洲 20 億美元及恢復洛杉磯河的 2500 萬美元、上密西西比河及伊利若洲河整治 19.5 億美元和恢復該地區的生態 17 億美元，另外尚有濕地恢復和防洪等多項計畫。參議員范戈爾德說很顯然的聯邦的防護機制在卡催娜颶風中發生了問題，並引發了嚴重的環境危害，所以充分獨立的監督是必要的。路易斯安那州的參議員瑪莉·蘭德里歐向記者們表示：上述議案中約 5 分之 1 是關於路易士安那州沿海城市恢復、颶風警戒、防洪和航行計畫等，它的迅速的核定對我們的國家相當重要的。(摘譯自 Water21-IWA 2007/08/14 global news digest，譯者從略)

WWF：海水淡化對全球環境衝擊堪憂 (06/26/07)

因海水淡化技術快速的提昇及成本逐漸降低，已成為目前水資源嚴重短缺的一項熱門解決方式。環境組織(WWF)在一份新報告中警告，未來大幅度的使用海水淡化，可能將對環境產生重大的衝擊，包括產生溫室氣體，造成全球的氣候變遷惡化，進而造成全球飲用水更大的危機。研究中指出說，海水淡化近年來急速成長，成為已開發地區和許多開發中地區的重要新水源。然而，海水淡化對環境的影響不一，包括破壞珍貴的海岸棲地、累積高鹽度的廢棄物、增加溫室氣

體的排放等。報告說，當今舉世對海水淡化廠的迷思，就如上個世紀對水壩的迷思，只熱中於取水，而不計未來的環境代價，也忽略了其實有更根本的環保解決方案，例如水源保育、提升用水效率和水回收再利用等。許多最密集使用海水淡化的地區，都有破壞自然水資源尤其是地下水的紀錄。WWF 報告估計：阿拉伯灣地區淡水需求的 60% 都來自海水淡化；澳洲西部城市伯斯則打算以此供應三分之一用水；西班牙把海水淡化水的 22% 用在農業上，比例為全球最高。WWF 呼籲，管理用水需求以及對大型海水淡化工程進行影響評估，都必須及早進行，否則造成無法彌補的環境破壞和財政透支，都得由人民買單。(摘譯自 Water21-IWA-2007/06/26 global news digest，譯者從略)

小百科：8 月 13 日~8 月 18 日世界水周論壇

“世界水周”論壇由斯德哥爾摩國際水研究所於 1990 年創立，每年舉辦一次，主旨是關注水資源、保護水環境、促進水投資和減少貧窮。“世界水周”已經成為國際水資源利用和研究方面最權威的論壇之一。本屆 2007 年論壇的主題是“水的發展和前景：在一個變化的世界尋求可持續性。”，共計有來自 130 多個國家和地區代表與會。

與會代表一致認為，必須將水資源的可持續利用問題擺到政治家的桌面上。各國科學家一致呼籲政府能夠推出靈活的、適應全球氣候變化的水資源管理政策，並對這些政策進行風險評估和成本利益分析，使之能夠應付隨時可能發生的各種災難。與此同時，各國應在保護純淨水源、污水處理和降水回收利用等各個環節上，對隨時出現的新發明、新創造予以接納並加以推廣。



中華民國自來水協會第十六屆理、監事會第四次聯席會議紀錄

時 間：民國 96 年 8 月 24 日（星期五）下午 2 時 30 分

地 點：本會會議室（台北市長安東路二段 106 號 7 樓）

主 席：徐理事長享崑

出席理事：徐享崑 廖宗盛 陳福田 謝啓男 胡南澤 賴文正 王桑貴 葉宜顯 楊清和
高文浩 王文賢 吳振欽 張明欽 陳曼莉 孫新惠 蘇金龍 吳陽龍 陳錦祥
駱尙廉 吳美惠 陳宏濤

出席監事：李錦地 王炳鑫 齊景新 翁自保 謝堽煌 施澍育

列席人員：許培中 籃炳樟 沈茂清 王魯人 李美娥 蔡麗 劉玉李 管 惠嫻

請假理事：黃慶四 郭瑞華 李公哲 楊水源 黃志彬 鄧志清 宋金順 王池田 林連茂
林 岳

請假監事：呂鴻光 蔡茂麟

請 假：劉家堯

記 錄：王魯人

一、主席致詞：（略）

二、報告事項：

（一）、祕書長綜合報告：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

（二）、各種委員會報告：

1. 諮議委員會：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

2. 財務委員會：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

3. 技術研究委員會：詳如議程書面資料（略）

結論：（1）洽悉。

（2）自來水淨水藥劑認證工作期由本會向有關單位申請並予推動，以提升國內飲用水之品質。

（3）環保署計劃成立「國家水質中心」並擬公告甄選承辦單位，請葉主任委員召集相關專家、學者研擬具體計畫書，由財團法人中華自來



水服務社提出申請爭取。

(三)、專案報告：

1. 本會「入口網站改版與新增系統建置及維運」廠商甄選會議：詳如議程書面資料及大理資訊股份有限公司簡報(略)

結論：(1)請儘速完成本會網站改版與新增系統之建置，目前已完成之網頁請先行上線。

(2)請提供「意見欄」，以供各方先進、專家提供意見，以利後續網頁設計及內容修正、調整。正式完成後，期與自來水有關之單位網站連結。

(3)網站目前使用之水悟空，因涉及肖像版權，在正式上線前，須與所有權單位商妥並審慎處理，避免爭議。

2. 「2009 年國際水協會第三屆亞太地區會議及展覽會」委託規劃暨服務顧問公司甄選會議：詳如議程書面資料及圓桌會議顧問公司簡報(略)

結論：(1)第二屆 IWA-ASPIRE 會議及展覽會將於今年 10 月 28 日至 11 月 1 日於澳洲 Perth 舉行，我國在 Perth 會議閉幕時，將接手兩年的 ASPIRE Council 事務，請充份準備有關我國主辦之「2009 年國際水協會第三屆亞太地區會議及展覽會」宣傳資料、紀念品，以分贈各國會議代表，廣為宣導。屆時並邀請國內自來水各界人士組團參加，以擴大參與，共襄盛會。

(2)協助本會募款及向政府有關單位申請經費補助，以充裕籌辦財源。

(3)評估日本出席會議人數，如有須要，儘可能提供中、英、日同步翻譯。

(四)、會務工作報告：詳如議程書面資料(略)

結論：洽悉。

三、討論事項：

- (一)案由：各組工作人員分配名冊暨經費預算，請討論。

決議：照案通過。

- (二)案由：自來水節慶祝大會暨會員代表大會擬由平鎮市社教館演藝廳〈平鎮市環南路三段八十八號〉舉行，理監事會議擬在第二區管理處第二會議室舉行，敬請



討論。

決議：照案通過。

(三)案由：本次大會會員紀念品，請討論擇一決定。

決議：鬥牛士修容組及 LED 手電筒禮盒。

(四)案由：本會「第 40 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 2 次會員代表大會」大會活動日程及典禮程序暨考察參訪活動，提請討論。

決議：1.修正通過

2.修正部份：(1)大會典禮程序第 9 項改為第 7 項

(2)原第 7、8 項依次改為 8、9 項

(五)案由：慶祝大會國內外貴賓邀請對象，敬請討論

決議：1.修正通過。

2.修正部份：邀請(1)經濟部次長施顏祥先生

(2)內政部社會司司長曾中明先生

(3)內政部營建署署長林欽榮先生

(六)案由：本次自來水研究發表會時間及地點，敬請討論。

決議：1.修正通過。

2.增加一發表場地。

(七)案由：配合本次慶祝大會，建請邀集自來水業界之優良廠商，於大會召開期間，展覽自來水相關新產品暨各項省水設備，共襄盛舉，以增進本會會員見聞，敬請討論。

決議：通過。

(八)案由：邀約專題演講人選至大會演講，敬請討論。

決議：授權理事長邀請。

(九)案由：為使全國各地自來水協會會員得知論文發表會及大會召開時間，地點暨各項活動，擬於會前擬妥新聞稿，請各區處就當地各報發佈新聞。

決議：通過。

(十)案由：本會 96 年各項表彰案，經本委員會審議結果，詳如說明，提請審定，俾便在本(96)年度自來水節慶祝大會典禮中予以表揚。

決議：照案通過。

(十一)案由：為本會九十七年度事業計畫（工作綱要）草案及九十七年度歲入、歲出預



算草案各一份，請審議。

決議：照案通過。

(十二)案由：本會服務組檢驗人員李明輝屆齡退休，自本(96)年 9 月 1 日起生效。擬發給一次退休金新台幣 741,045 元正，請討論。

決議：照案通過。

(十三)案由：本會個人會員、團體會員入會費、常年會費擬作適度調整。請討論。

決議：照案通過。

(十四)案由：建請理、監會同意動用部份本會歷年積存，進行金融市場操作，以增加收益，改善協會財務，請討論公決。

決議：請祕書長洽請財務委員會成立五人小組，就本案之 1.法令面 2.風險 3.操作金融項目 4.獲利目標研擬方案，提下次(第五次)理監事聯席會議討論。

(十五)案由：本會台北市信義區山坡地如何有效使用？請討論。

決議：本案暫緩處理。

四、臨時動議：

提案人 祕書長許培中

案由：為提升國內自來水工程施工品質，本會目前舉辦 1.「自來水配管工程施工承商工作人員訓練」2.「自來水管線工程電銲施工人員技能訓練」，請自來水事業單位加強對承商施工人員訓練資格及工作証之要求。

決議：請自來水事業單位配合前各項訓練作業之實施，共同為提升國內自來水工程施工品質而努力。

五、散會：下午 5 時 25 分。

「自來水」季刊免費索閱登記調查

親愛的讀者您好，「自來水」季刊鑑於網際網路之便捷性與積極響應無紙化環保運動，並達節約預算經費之考量，配合季刊改版，自第 101 期起，紙本寄送對象將僅限回函索閱登記有案之「中華民國自來水協會」會員、各地公立圖書館及投稿作者為主，其餘讀者請至臺灣省自來水公司網站（[http：www.water.gov.tw](http://www.water.gov.tw)）「網網相連」之「自來水協會會刊」下載閱覽，便能快速閱覽每一期季刊的精彩圖文，本刊將持續不斷精進，以提供讀者更豐富多元的內容，感謝您的支持、鞭策及不吝賜教。

「自來水」季刊免費索閱登記表			
姓 名			會員編號
服務單位			職 稱
聯絡地址	(公)		
	(宅)		
	e-mail		
聯絡電話	(公)		
	(宅)		
	手機		

免費索閱登記表請逕寄至：台北市中山區 10491 長安東路二段 106 號 7 樓「中華民國自來水協會」收即可，聯絡電話：(02)2507-3832，或傳真：(02)2504-2350，也可利用 E-mail：ctwwa@ms48.hinet.net 索取。



「自來水」季刊論文審查作業要點

一、本刊論文分「一般性」及「專業性」兩類，其分類如表一。

表一、「自來水」季刊論文分類

一般性	專業性
一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與您、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地等文稿。	專門論著、實務研究等文稿，「每期專題」論文如經負責籌編委員認定為屬「專業性」論文者亦同。

二、「一般性」論文先經本刊編輯小組作格式審查，呈經總編輯核可後刊出。

三、「專業性」論文經本刊編審委員會以同儕方式作實質審查（審查表如下），審查完成後，總編輯依審查結果核可後刊出。

「自來水」季刊編審委員會

論文審查意見表

編號：

題目：

作者：

一、評論 (comments) (在適當之空格打勾)

	優良	良好	尚可	待改進	備註**
原創性					
論文之架構					
文獻回顧及引用					
文字、圖表清晰性					

	是	否	備註**
論文主題是否符合本刊發行宗旨			
論文題目、摘要與內容是否適當			
您是否見過內容相近論文在別處發表過			

二、綜合意見

- ☐ 推薦刊登 (照原稿刊登)
☐ 修改後推薦刊登 (修正意見填寫於下)
☐ 修改後再審 (修正意見填寫於下)
☐ 不推薦刊登

三、修改意見 (以下空格不夠時，請附頁)

中華民國自來水協會

入 會 申 請 書

收件日期		年 月 日		製會發 員證號碼																
收件編號																				
姓 名	中文			別 號	性 別	籍 貫	省 市	縣 市	出 生	前 民 國 年 月 日	黨 籍		粘貼相片處 (便入員證之用。 另審查後，填發會 浮貼通過，繳清 一幀，以)							
	英文																			
身份證號碼																				
學 歷	校 (院) 名		系 (科) 別		起 訖 年 月		畢 業 或 肄 業		學 位		考 試			考 試 名 稱		屆 別 或 舉 行 年 月		證 書 字 號		
											試									
經 歷	自 年 月 至 年 月		現 任 工 作 詳 細 記 載					小 計 年 數 月 數		現 職		服 務 機 關 職 稱								
										通 訊 錄		機 關 地 址								
												本 人 住 所								
												永 久 通 訊 處								
	總 計											聯 絡 電 話								
入 資 歷 介 紹 明 人	姓 名	會 證 號	詳 細 通 訊 處				簽 章		申請人會資格適用第六條第 款 附會籍登記(由本會填註)		審 議 號 號		附納費登記(由本會填註)		入 會 費		年 月 日		備 註	
											審 議 結 果				年 月 日		年 月 日			
			電 話 :								通 過 日 期				第 屆 年 月 日		年 月 日			
											入 會 日 期				第 次 年 月 日		年 月 日			
			電 話 :								入 會 地 區						年 月 日			
															永 久 會 費		年 月 證 號			
															自 由 捐 獻					

申請人：

(簽章蓋章)

年 月 日

中華民國自來水協會章程（摘要）

中華民國八十二年十一月三十日第十二屆第四次會員代表大會修正通過

內政部八十二年十二月廿二日台（82）內社字第第八二二八七二〇號函准予備查

第五條：本會會員分爲個人會員、團體會員、名譽會員等三種。

第六條：凡合於左列各款之一者，由個人會員二人之證明介紹申請入會，經理事會審查通過，得爲本會個人會員。

一、專科以上學校畢業或高考或相當高考及格從事有關自來水工作者。

二、高級職業學校相關學科畢業或普考或相當普考及格從事有關自來水工作一年以上者。

三、高級中學或職業學校畢業，從事有關自來水工作二年以上者。

四、從事有關自來水工作五年以上，具有成績者。

五、現任自來水工程與器材之企業機構負責人具有聲譽者。

前項所稱有關自來水工作者；具有成績者；具有聲譽者；以及相關學科之範圍界定，由理事會定之。

第七條：有關自來水機關或自來水管理經營工程與器材企業機構具有聲譽，由本會團體會員二人之介紹，經理事會之審查通過，得加入本會團體會員。

團體會員按其規模大小分甲、乙、丙、丁、戊五級其分級標準由理事會定之。

團體會員依其分級標準推派會員代表大會代表人數如下：

（1）甲級：七人。

（2）乙級：五人。

（3）丙級：三人。

（4）丁級：二人。

（5）戊級：一人。

第八條：凡對自來水事業或學術有特殊貢獻者，由個人會員十人以上之署名推薦，經理事會通過，得爲本會名譽會員。

第九條：本會會員有左列權利：

一、表決權、選舉權、被選舉權與罷免權。每一會員爲一權，但名譽會員則無上述權。

二、享受本會所舉辦各種事業之權利。

三、得在本會業務範圍內請求協助。

四、其他應享之權利。

第十條：本會會員有左列之義務：

一、遵守本會章程及決議案。

二、出席各種應出席之會議。

三、擔任本會推選或指派之任務。

四、繳納會費。

第十一條：本會會員有違反法令章程或不遵守會員代表大會決議時得經理事會決

議予以警告或停權處分，其危害團體情節重大者得經會員代表大會決議予以除名。

第十二條：會員得以書面敘明理由，向本會申請退會。但其欠繳二個年度之會費，經本會函催二次仍不清繳者，其會員資格以自然喪失論。

第十三條：本會經費來源如左：

一、入會費：由會員於入會時繳納之，其標準爲個人會員新台幣三〇〇元，團體會員新台幣一〇〇〇元，名譽會員免繳之。

二、常年會費：由會員按年繳納之。其標準爲個人會員新台幣三〇〇元。如一次繳納者，則爲新台幣三、〇〇〇元。團體會員其屬民有自來水管理經營工程與器材企業機構，年按新台幣五、〇〇〇元以上之原則。公設機構年按新台幣一、〇〇〇元以上之原則繳納之。

△會員之被除名或退會或喪失會員資格者，已繳會費概不退費。

附錄：中華民國自來水協會會費計收準則

中華民國八十二年九月四日修正通過
第十二屆理監事會第十二次聯席會議

一、本準則依據本會章程第七及三十三條之規定訂定之。

二、凡加入本會爲會員者，除名譽會員外，應按左列標準，一次繳納入會費。

甲、個人會員：爲新臺幣參佰元。

乙、團體會員：爲新臺幣壹仟元。

三、凡本會，除名譽會員外，應按年繳納常年會費，其標準如左：

甲、個人會員：新臺幣參佰元；如一次繳納參仟元者，可永久免繳會費，並由本會發給證書。

乙、團體會員：

（一）自來水事業機構各按當年決算售水量計算：但先按上年度決算數字每年分上（三月）下（九月）兩期各繳半數，並於決算後多退少補。

子、年售水量在十萬公噸以下者，概爲新臺幣壹千元。

丑、年售水量超過一十萬公噸一百萬公噸以下者，每增加一十萬公噸加收新臺幣五百元。

寅、年售水量超過一百萬公噸一千萬公噸以下者，每增加一百萬公噸加收新臺幣一千五百元。

卯、年售水量在一千萬公噸以上者，每增加一百萬公噸加收新臺幣壹千元。

（二）自來水工程與器材企業機構，年按新臺幣五千元以上之原則，有關公設機構年按新臺幣壹千元以上之原則，於每年六月底前繳納。

四、凡加入本會之團體會員在當年未滿六月個者，常年會費按半數一次繳納。

五、本準則經理事會議通過施行，修正時亦同。