

自來水季刊第 27 卷第 1 期目錄



專門論著

河畔水源開發方案之數值模式評估.....謝堯煌、陳忠偉、李振誥..... 1

實務研究

台水公司於水利產業之價值創造.....陳福田.....11

台水公司淨水場清水及配水中含鹵乙酸之流佈.....張慧嫻、童心欣、趙哲基、王根樹.....22

一般論述

淺談水庫再生計畫.....謝發清.....39

從工程防災查核案例初探提升減災成效.....鄭錦澤.....43

業務報導

花蓮市自來水生飲之試行..... 蔡政翰.....61

他山之石

考察澳洲藻類、隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲檢驗、監測及淨水處理心得.....

.....張嬉麗、曾盛一、張光翹、藍炳樟.....67

人物專訪

台水公司廖宗盛董事長專訪

劍及履及的自來水產業專家---節省 400 億公帑的傳奇模範公務員.....陳淑芬.....73

IWA 活動園地

國際自來水研討會訊息.....編輯小組.....80

國際自來水瞭望台..... 范家瑋.....81

協會與你

自來水協會第十六屆理、監事會第六次聯席會議紀錄.....83

「自來水」季刊免費索閱登記調查.....85

「自來水」季刊論文審查作業要點.....86

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。惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限。
- 四、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。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。
- 九、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 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。
- 十、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十一、本會刊內容自 88 年 5 月起已公布於台灣省自來水公司全球資訊網站(www.water.gov.tw)歡迎各界參閱。
- 十二、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會 92 年 3 月 26 日工程企字第 09200118440 號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水季刊雜誌

發行單位：中華民國自來水協會

發行人：廖宗盛

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：古藜苓

印刷：松耀印刷企業有限公司

地址：台中市北區自強街 50 號

電話：(04)23607717

河畔水源開發方案之數值模式評估

文/謝堽煌、陳忠偉、李振誥

摘要

本研究主要應用數值模式評估河畔水源開發對地下水環境之影響，以快官與貓羅溪河畔為研究範圍，由現場試驗推求之水文地質參數建構數值模式，利用數值模式分別評估出水量與井距分佈對地下水位之影響。依據出水量與井距分佈評估成果，分別提出五個出水方案，訂定地下水位標準以提出最佳出水方案。

研究成果顯示，抽水井若有群井效應，則將造成井內水位洩降加大與增加河川滲漏量。由各方案推估影響範圍最大為 470m，試驗場址位於最近之住宅區為 700m，故本研究之河畔水源開發並未影響至住宅區。若以水位洩降限制條件為 1.04m 以下，單井出水量須小於 9,000CMD，評估合適方案為 8 口出水量為 75,00CMD 之方案四與 12 口出水量為 50,00CMD 之方案五。

關鍵字：河畔取水、河川滲漏量、MODFLOW。

一、前言

河畔地區開發水源可對河川逕流產生間接截留，且淺層含水層可同時具有降雨補注、河川補注與含水層補注等，地下水補注來源充足，於進行水源開發評估時，增加地下水之可使用量。彰化地區之民生與工業用水大都以地下水為主，不足部分則由豐原與林內淨水場等外來水源供應，為提高自有水源供應量，本研究利用數值模式評估河畔水源開發對地下水環境之影響。

利用數值方法分析地下水與河川水關聯性分析，大多為針對較複雜之現場情況進行模擬，一般包含部分貫穿含水層之河川類型、非完整井型式、含水層具異向性或不規則河床類型等。Butler et al. (2001)利用地下水流數值軟體 MODFLOW，將含水層概分為七層，其模擬結果與 Glover and Balmer(1954)之解析解擬合良好。Chen and Chen (2003)利用 MODFLOW 分析含水層具異向性時，河川水向抽水井運移過程，利用 MODPATH 模組紀錄水分子之移動過程。由研究成果顯示，當水平透水係數與垂向透水係數之比值(K_h/K_z)介於 10 至 20，河川滲漏量比高於 K_h/K_z 小於 10 或大於 20 時，而當 K_h/K_z 介於 20 至 100 之間時，水分子到達抽水井所需時間，較其他情形為短。Matteo and Dragoni(2005)利用 MODFLOW 建立水文地質模式，較 Bulter et al.(2001)增加考慮含水層補注河川之側向補注量，以及井篩頂部至河床之距離，提出於異向性含水層中取水之經驗公式。

本研究依據謝堽煌(2007a)於彰化快官與貓羅溪河畔為研究範圍，由現場抽水與雙環入滲試驗，分別推求含水層之水文地質參數、河川底部入滲係數與 1m 直徑寬口井之最大出水量推估。利用現場試驗所推求參數，建構河畔取水數值模式，推估河畔取水之單井最佳出水量，並以相異井數、出水井出水量與出水井排列方式等因子，提出五個

出水方案，進行河畔取水模式模擬，評估各出水方案對地下水環境之影響。研究流程示於圖 1。

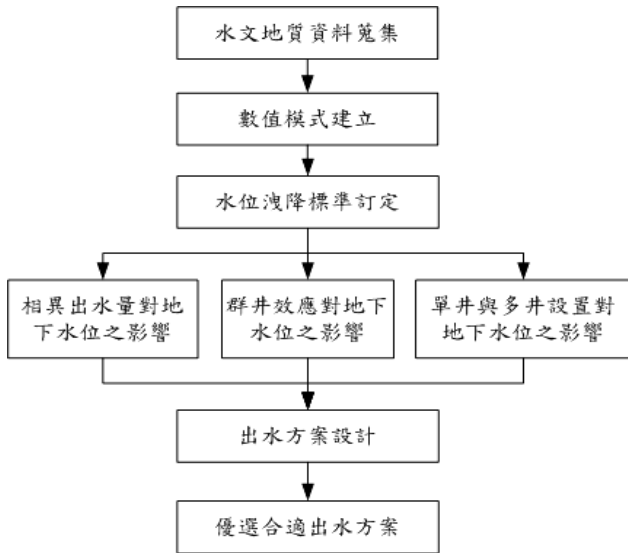


圖 1 研究流程

二、研究區域概述

本研究範圍選定為彰化快官與貓羅溪河畔為研究區域，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。圖 2 為烏溪水系分佈與試驗位置圖，研究區域位於圖中快官附近。

根據中央地質調查所之地質資料庫資料，繪製芬園至快官地質剖面圖示於圖 3。圖中顯示除 A、B 兩點主要由礫石構成，其餘多為黏土與細砂組合之分佈，其中 C 點為快官地區，除地表淺層有少許礫石外，其下方大都由砂所組成。

快官地區屬亞熱帶氣候，雨量豐沛但時空分配不均。就降雨分布時間而言，每年五月至十月多颱風暴雨，為研究地區豐水期。

11 月至翌年 4 月期間，受季風影響為枯水期。平均月降雨量以 8 至 10 月為高，1 至 2 月為低，年平均降雨量約 1000 至 2000 mm。氣溫冷熱適中，年平均溫度 22.5℃，每年最低溫發生在 1、2 月，月平均溫度約 15.6℃。最高溫發生在 7、8 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。

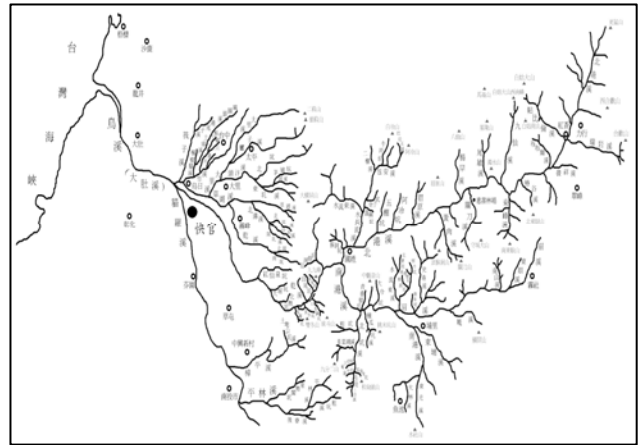


圖 2 烏溪水系分佈與試驗位置圖(水利署，2006)

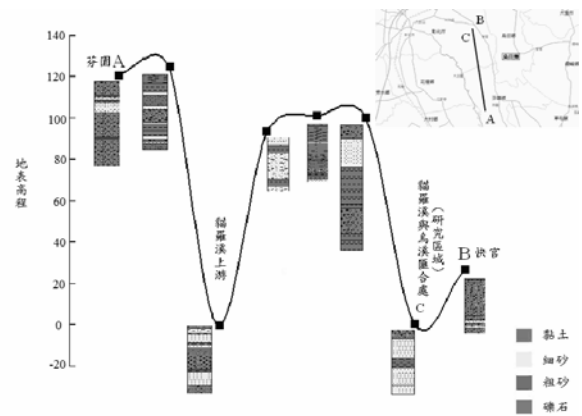


圖 3 芬園至快官地區地質剖面圖(中央地調所，2006)

地下水位分佈受到地形之影響，地下水位明顯由東向西降低，由水利署之烏河流域內 28 口地下水位觀測井資料顯示，快官地區之地下水為約為高程 30m 至 40m 之間，豐枯季平均水位差約為 1 至 4m。

三、數值模式建構

(一) 數值模式介紹

本研究數值模式採用 PROCESSING MODFLOW5.06，此套軟體是依據美國地質調查所(U.S.G.S.)之 MODFLOW(McDonald & Harbaugh, 1988)地下水流模擬程式再行研發之軟體。MODFLOW 之地下水流控制方程式為假設在固定密度下，含水層三維地下水流的流動控制方程式示於式(1)。

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right)-W=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

其中 K_{xx} 、 K_{yy} 和 K_{zz} 為分別為沿著 x 、 y 、 z 方向上的透水係數[LT^{-1}]； h ：水頭[L]； W ：水之流入或流出單位體積流通量[T^{-1}]； S_s ：比貯水率[L^{-1}]； t ：時間[T]。由式(1)結合有限差分法、反向差分法及迭代運算技巧，可推算得 MODFLOW 模擬地下水流之基本控制方程式之解。本研究將利用 MODFLOW 地下水流數值軟體，建構研究區域之河畔取水模式，分析各水文地質因子與抽水井型式對河川滲漏量之影響。

(二) 數值模式建構

由於快官地區並無明顯之天然邊界，本研究以地下水流線與等勢能線為數值模式邊界，以謝堽煌(2007a)推估之水文地質參數建構數值模型。本模式的各項參數設定說明如下：

- 1.水文地質概念分層：由圖 3 之鑽探資料顯示，鑽探深度 60m 以上主要為砂礫石層組成，為非拘限含水層形式。地表高程之資料來源為農林航測所(1989)測得之 DTM 數值地形。
- 2.邊界設定：本研究參考謝堽煌(2007b)建構

模式，以地下水流上游水位變化最少之等勢能線為東側邊界，下游水位變化最少之等勢能線為西側邊界，根據地下水等水位線資料顯示，本研究採用地下水等水位線 38m 位置為東側邊界，地下水等水位線 32m 位置為西側邊界。以抽水井為基準點，南北向約 1,800m 處之地下水流線設為南北側邊界。因此模式東側邊界為地下水位 38m 處，西側為地下水位 32m 處，均設為定水頭邊界。南側與北側為流線，假設水分子循流線方向運移，設為零流量邊界。模式範圍東西向約為 3,960m，南北向約為 3,640m，網格大小為 40m×40m，模式之邊界條件示於圖 4。

- 3.水文地質參數：由謝堽煌(2007a)進行現場試驗分析結果顯示，本研究區域之水平透水係數 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(m^2/day)，儲水係數 S 為 0.23。
- 4.初始水位值：根據謝堽煌(2007a)鑽探資料之地下水位資料，假設為模式之初始水位值。

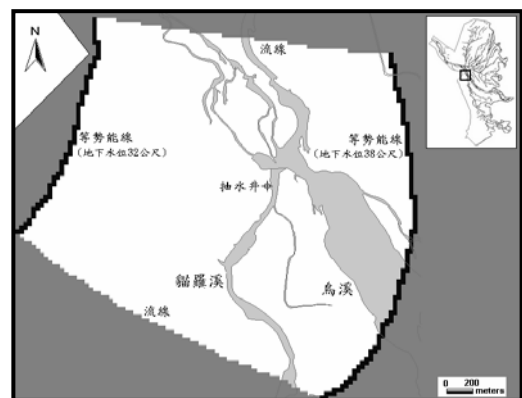


圖 4 快官河畔取水數值模型之邊界設定

(謝堽煌, 2007b)

- 5.補注：本研究採用謝堽煌(2007b)建議以 Lee et al.(2006)之河川基流資料估計法推估台

灣地下水補注量，本研究擷取快官位置之補注量，快官地區地下水補注量約 0.0002(m/day)。

四、單井出水量最佳化設置分析

(一) 合理地下水位標準訂定

欲合理開發地下水，需設定合適之地下水位標準，以達水資源永續利用目標。本研究之地下水位限制為依據劉振宇(2007)建議，訂定平均觀測水位下一倍標準偏差為下限水位，平均觀測水位下二倍標準偏差為嚴重下限水位。

本研究以烏溪上下游之 12 口觀測井地下水位，由 2002 至 2004 三年之平均地下水位推估標準偏差，以訂定水位限制標準，地下水位統計資料示於圖 5。圖中顯示快官地區地下水位平均值約為 35m，標準偏差為 1.04m，因此推估研究地區之下限水位為 33.96m，嚴重下限水位為 32.92m。

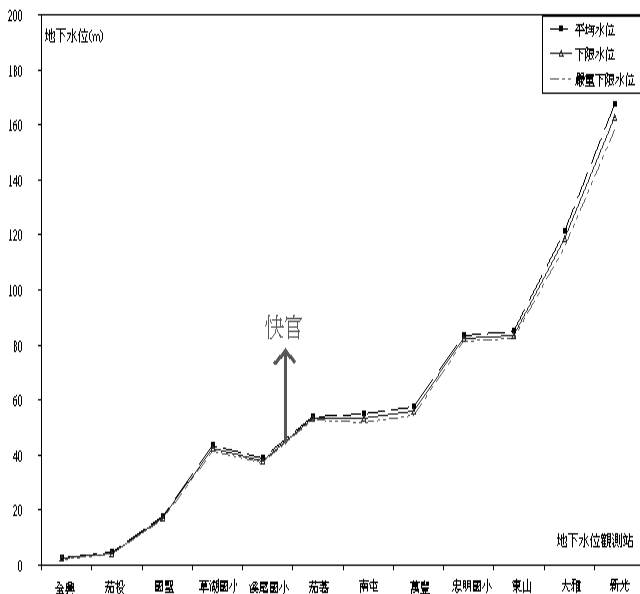


圖 5 各觀測井常年平均地下水位圖

(二) 出水量對地下水位洩降之影響

本研究擬以寬口井型式進行河畔取水，假設寬口井直徑為 4m，距離河川 10m 處抽水 360 天，以方案 A1 至 A6 模擬不同出水量情況下，對研究地區含水層水位洩降之影響，方案 A1 至方案 A6 之模擬結果分別示於圖 6。

圖 6(a)為方案 A1 模擬單井出水量為 60,000 CMD，造成井內水位洩降為 8.90m，最大影響半徑為 351m。方案 A2 至 A6 之水位洩降情況分別示於圖 6(b)至 6(f)，彙整方案 A 之井內水位洩降與影響範圍示於表 1。

由表 1 之方案 A 模擬結果顯示，隨著出水量減少，其地下水位洩降深度與影響範圍亦隨之減少。若以一倍標準偏差 1.04m 為水位洩降標準，由表 1 中水位洩降資料顯示，以方案 A5 之水位洩降 0.89m 與方案 A6 之水位洩降 0.64m 符合限制要求。若對於水位洩降限制改採用二倍標準偏差 2.08m 為標準，則方案 A4、方案 A5 與方案 A6 皆符合限制要求。

將表 1 中單井出水量與水位洩降深度之關係示於圖 7。以一倍標準偏差 1.04m 為水位洩降標準之情況下，假設寬口井之最小井徑為 4m，模擬於距河川 10m 處抽水達 360 天時，對於研究區之含水層而言，推估單井最佳出水量為 9,000CMD。

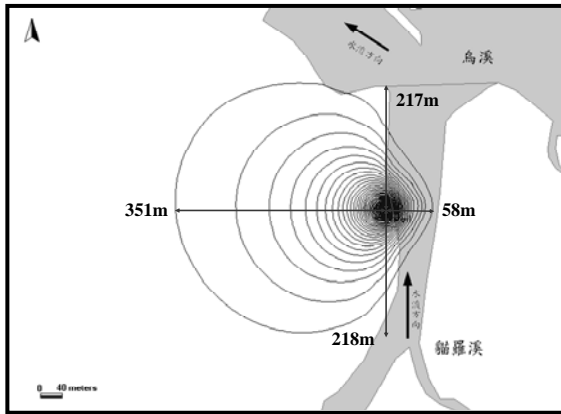


圖 6(a) 方案 A1：單井出水量為 60,000CMD 之地下水位洩降圖

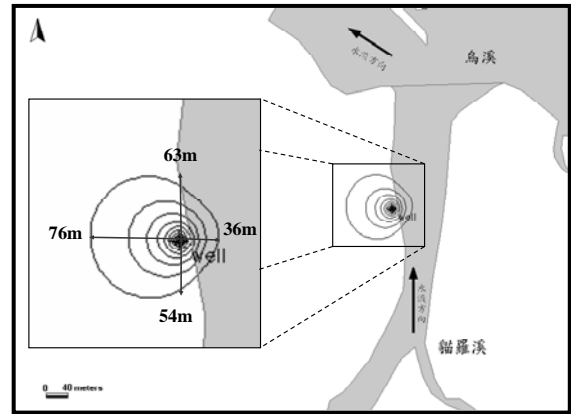


圖 6(d) 方案 A4：單井出水量為 10,000CMD 之地下水位洩降圖

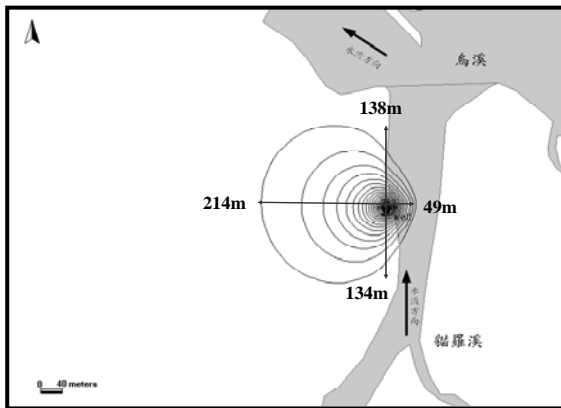


圖 6(b) 方案 A2：單井出水量為 30,000CMD 之地下水位洩降圖

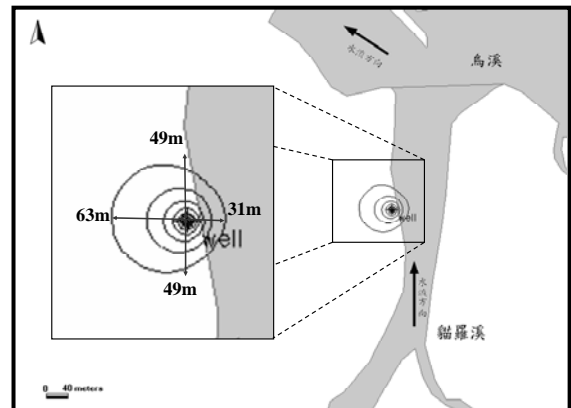


圖 6(e) 方案 A5：單井出水量為 7,500CMD 之地下水位洩降圖

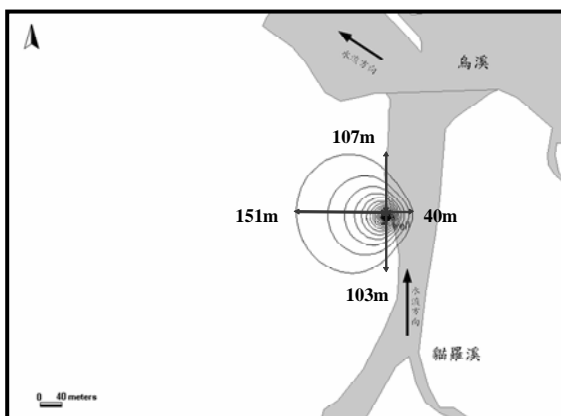


圖 6(c) 方案 A3：單井出水量為 20,000CMD 之地下水位洩降圖

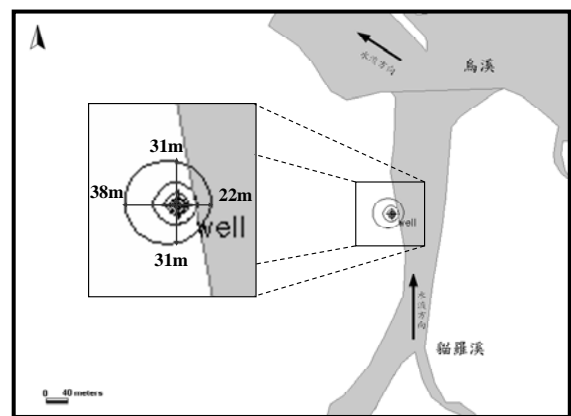


圖 6(f) 方案 A6：單井出水量為 5,000CMD 之地下水位洩降圖

表 1 單井出水量評估之井內水位洩降與最大影響範圍

單井出水量評估方案 A	單井出水量(CMD)	井內最大水位洩降深度(m)	最大影響半徑(m)
A1	60,000	8.90	351
A2	30,000	4.17	214
A3	20,000	2.68	151
A4	10,000	1.14	76
A5	7,500	0.89	63
A6	5,000	0.64	38

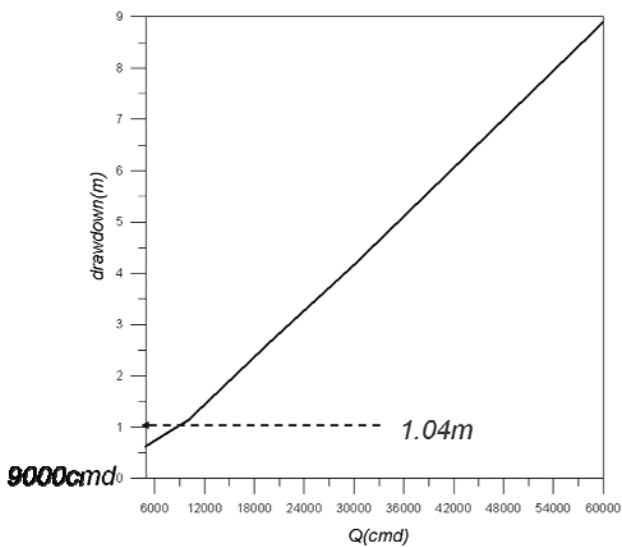


圖 7 單井出水量與水位洩降深度之關係曲線

(三) 群井效應對地下水位洩降之影響

當井與井間之距離小於影響半徑時，則水位洩降和出水量產生干擾現象，此干擾表現為群井效應(薛禹群，1986)⁽¹⁴⁾。本研究設定方案 B 以探討河畔取水是否受群井效應之影響，以 4 口出水量皆為 7,500CMD 之抽水井，距離河川 10m 處，與河川平行方式排列。由方案 A5 之模擬結果顯示，當出水量為 7,500CMD，南北向之影響半徑

約為 50m，故假設方案 B1 為受井群干擾情況，井間距設定為 20m。方案 B2 模擬開採井未受干擾情況，井間距設定為 200m，地下水位洩降與影響半徑模擬結果示於表 2。

表 2 多口井相異井間距之模擬結果

方案 B 多口井距評估	總出水量 (CMD)	井間距 (m)	水位洩降深度(m)	河川滲漏率 (%)
B1	4×7,500	20	1.41	41.97
B2	4×7,500	200	0.91	36.65

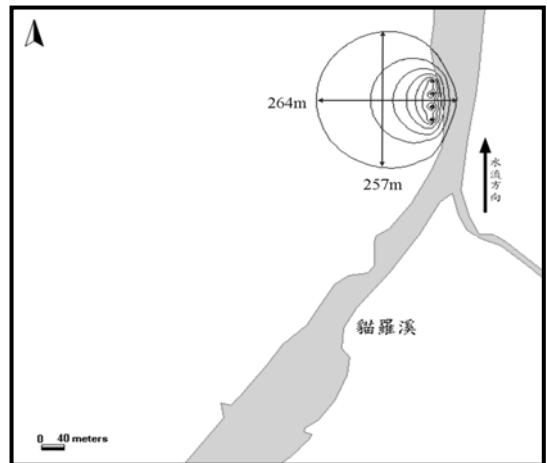


圖 8(a) 方案 B1：多口井具干擾現象之水位洩降圖

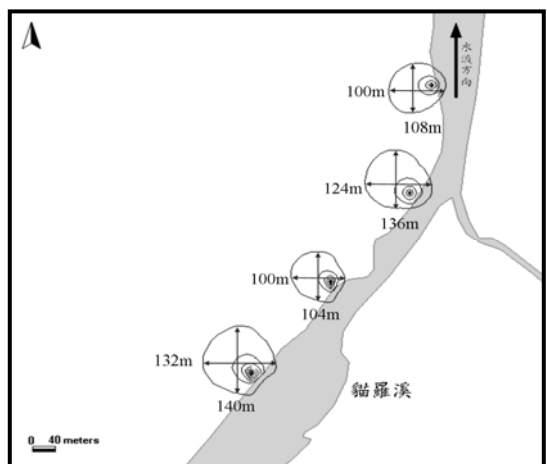


圖 8(b) 方案 B2：多口井未具干擾現象之水位洩降圖

地下水位洩降情況示於圖 8。由圖 8(a)中顯示，方案 B1 模擬開採受干擾現象，水位洩降影響範圍東西向為 264m，南北向為 257m，最大水位洩降為 1.41m。由圖 8(b)中顯示，方案 B2 模擬開採未受干擾現象，抽水井水位洩降影響範圍東西向為 132m，南北向為 140m，最大水位洩降為 0.91m。由方案 B 模擬結果顯示，方案 B1 造成洩降影響範圍及井中水位洩降皆比方案 B2 大。

(四) 單井與多井對地下水位洩降之影響

為比較相同出水量而井口數不同時之情況，本研究以方案 A2 與 B2 進行比較，探討單井與多口井進行開採之差異性，模擬成果示於表 3。方案 A2 為單井設定出水量為 30,000CMD，方案 B2 為 4 口井同時開採 7,500CMD。在地下水位洩降與影響半徑方面，單井方案 A2 造成之影響遠大於多口井方案 B2，雖然方案 B2 引致河川滲漏量小於方案 A2，但由於對地下水環境影響較小，故建議以多口井方案，為較適合的水源開發模式。

表 3 單井與多口井開採模擬結果

單井與多口井方案比較	井口數	單井出水量 (CMD)	水位洩降深度(m)	最大影響範圍(m)	河川滲漏比率(%)
A2	1	30,000	4.17	272	43.31
B2	4	7,500	0.91	140	36.65

五、合適出水方案評估

本研究根據對相異出水量、群井效應、單井與多井對地下水位之影響評估後，提出

五個出水方案，分別探討各出水方案對研究區域之影響，方案設置條件示於表 4，各方案模擬成果分別敘述如下：

表 4 合適出水方案之方案配置

出水方案	單井出水量(CMD)	井口數	井距空間配置	
			南北向(m)	東西向(m)
一	30,000	2	270	-
二	20,000	3	206	-
三	10,000	6	110	152
四	7,500	8	98	126
五	5,000	12	62	76

(一) 方案一

方案一為設置 2 口出水量為 30,000CMD 之抽水井，沿河川平行方向排列，井間距離為 270m，於地下水位洩降達穩態後，井中地下水位洩降最大為 4.31m，地下水位洩降情況示於圖 9(a)。由圖中地下水位洩降結果顯示，方案一出水影響範圍為南北向約 394m，東西向約 290m 之近似橢圓分佈區域，主要係因抽水井之空間分佈方式造成。

(二) 方案二

方案二為設置 3 口出水量為 20,000CMD 之抽水井，沿河川平行方向排列，井間距離設定為 206m，於地下水位洩降達穩態後，井中地下水位洩降最大為 2.82m，地下水位洩降情況示於圖 9(b)。由模擬結果顯示，方案二出水影響範圍為南北向約 494m，東西向約 324m 之區域。

(三) 方案三

方案三為設置 6 口出水量為 10,000CMD 之抽水井，沿河川方向呈雙排排列，每排設定 3 口抽水井。為避免群井效應過大，雙排抽水井以交錯方式排列，井間距離於東西向設定為 152m，南北向設定為 110m，待地下水位洩降達穩態後，井中地下水位洩降最大為 1.46m，地下水位洩降情況示於圖 9(c)。由模擬結果顯示，方案三出水影響範圍於東西向約為 344m，南北向約為 413m。

(四) 方案四

方案四為設置 8 口出水量為 7,500CMD 之抽水井，沿河川方向呈雙排排列，每排設定為 4 口出水井。為避免群井效應過大，雙排抽水井以交錯方式排列，井間距離於東西向設定為 126m，南北向設定為 98m，於地下水位洩降達穩態後，井中地下水位洩降最大為 1.01m，地下水位洩降情況示於圖 9(d)。由模擬結果顯示，方案四出水影響範圍於東西向為 470m，南北向為 480m。

(五) 方案五

方案五為設置 12 口出水量為 5,000CMD 之抽水井，沿河川邊界呈雙水平排列，每排設為 6 口，避免群井效應過大，雙排抽水井以交錯方式排列，井間距離於東西向設定為 76m，南北向設定為 62m，於地下水位洩降達穩態後，井中地下水位洩降最大為 0.79m，地下水位洩降情況示於圖 9(e)。由模擬結果顯示，方案五出水影響範圍

於東西向為 394m，南北向為 424m。將本研究提出之五個出水方案模擬結果彙整於表 5。

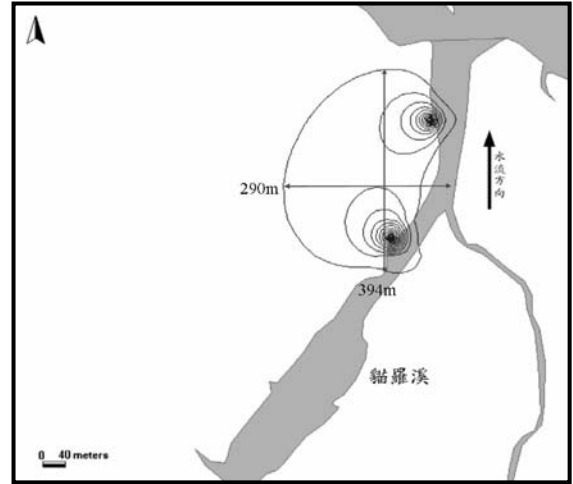


圖 9(a) 方案一之地下水位洩降圖

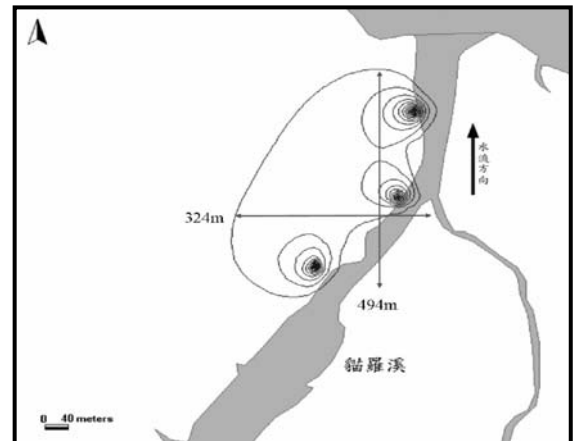


圖 9(b) 方案二之地下水位洩降圖

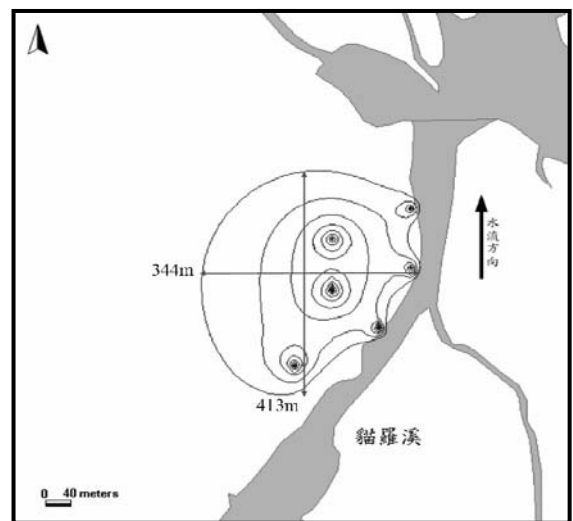


圖 9(c) 方案三之地下水位洩降圖

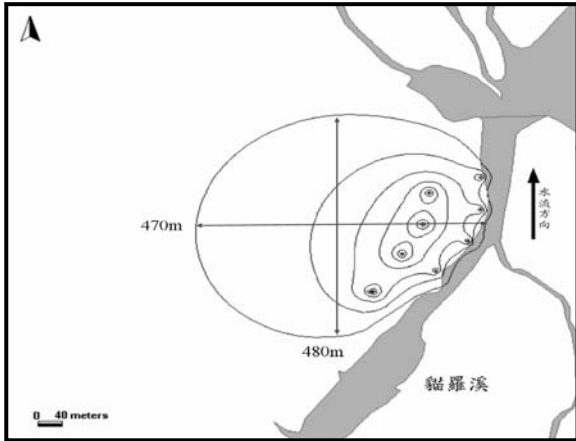


圖 9(d) 方案四之地下水位洩降圖

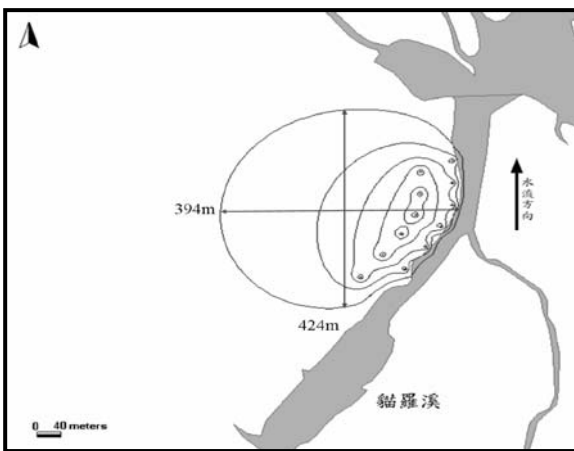


圖 9(e) 方案五之地下水位洩降圖

水位洩降限制若以 1.04m 為下限水位，由方案四與方案五之地下水位洩降符合限制。水位洩降限制若以 2.08m 為嚴重下限水位，則以方案三、方案四與方案五均符合水位降深限制。由圖 11 之出水時間和河川滲漏量與出水量比值圖顯示，方案三、四與五對於河川滲漏率之模擬結果介於 37.9% 至 37.5%，顯示方案三、四與五等不同井位分佈情形，對河川滲漏量影響不大。

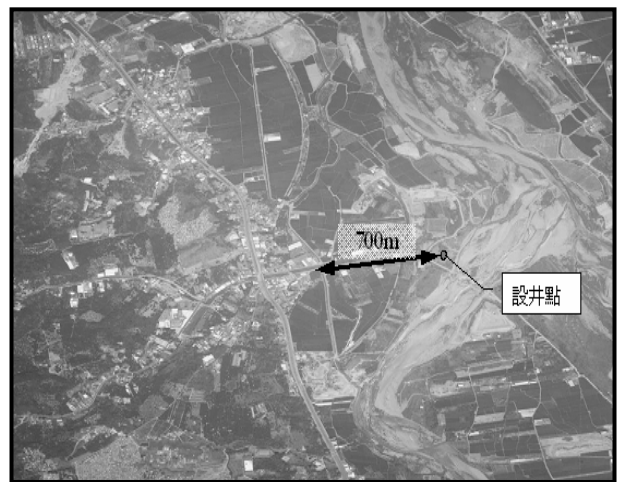


圖 10 研究區域空照圖

表 5 出水方案一至方案五模擬結果

出水方案	井口數	出水量	東西向影響半徑	地下水位洩降	河川滲漏率
方案一	2	30,000	290	4.31	40.2
方案二	3	20,000	324	2.82	39.1
方案三	6	10,000	344	1.46	37.9
方案四	8	7,500	470	1.01	37.7
方案五	12	5,000	394	0.79	37.5

六、成果與討論

由各方案模擬成果顯示，東西向影響半徑介於 290 至 470m。由圖 10 之空照圖顯示，研究區域距住宅區約 700m，故各出水方案均未影響住宅區。

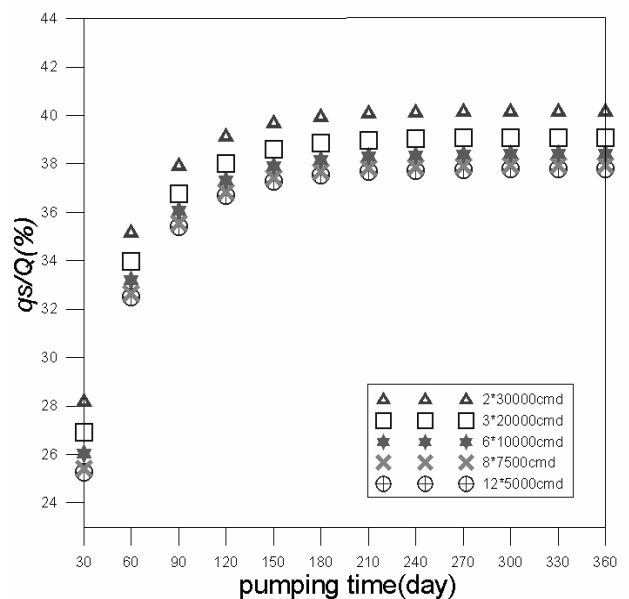


圖 11 各方案出水時間(pumping time)和河川滲漏量與出水量百分比值(qs/Q)

參考文獻

1. Butler, J. J., Zlotnik, V. A. and Tsou, M. S., "Drawdown and stream depletion produced by pumping in the vicinity of a partially penetrating stream", *Ground Water*, vol.39, no.5, pp.651-659, 2001.
2. Glover, R. E., and Balmer, C. G., "River depletion from pumping a well near a river", *American Geophysical Union Transactions*, vol.35, no.3, pp.468-470, 1954.
3. Chen, X. H., and Chen, X., "Effect of aquifer anisotropic on the migration of infiltrated stream water to a pumping well", *Journal of Hydrology*, vol.8, no.5, pp.287-293, 2003.
4. Matteo, L. D. and Dragoni, W., "Empirical Relationships for estimating Stream depletion by a well pumping near a gaining stream", *Ground Water*, vol.43, no.2, pp.242-249, 2005.
5. 謝堽煌、陳忠偉、李振誥，河畔地區地下水之水量水質分析，自來水會刊，第 26 卷，第 4 期，pp.1-10，2007a。
6. 經濟部水利署第三河川局網站，http://www.wra03.gov.tw/area_d.htm，2006。
7. 中央地質調查所全球資訊網站，<http://www.moeacgs.gov.tw/main.jsp>，2006。
8. McDonald, M. G., and Harbaugh A. W., "A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model", U. S. Geological Survey, Virginia, 1988.
9. 經濟部水利署水文水資源管理供應系統網站。<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb>，2006。
10. 農林航空測量所，國家數值地形模型(Digital Terrain Model)，1989。
11. 謝堽煌、陳忠偉、蘇清林、李振誥，河畔取水引致河川滲漏量之研究，中國農業工程學報，第 53 卷，第 4 期，pp.21-34，2007b。
12. Lee C. H., Chen W. P., and Lee R. H., "Estimation of Groundwater Recharge Using Water Balance Coupled with Base-Flow-Record Estimation and Stable-Base-Flow Analysis." *Environmental Geology*, Vol. 51, No.1. pp.73-82, 2006.
13. 劉振宇，金門地下水資源調查分析，經濟部水利署委辦計畫，國立台灣大學生物環境系統工程學系，2007。
14. 薛禹群，地下水動力學原理，地質出版社，1986。

作者簡介：

謝堽煌先生

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、管理與聯合運用、數值模擬與地下水文分析

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、岩體工程



台水公司於水利產業之價值創造

文/陳福田

一、緣起—富有的國家，貧窮的水資源

相對於地球上其他生態資源，水是極有「價值」的資源。人類或許可以不需要石油，也不需要黃金，但因水是無可替代的，故人人都需要水。值得警惕的，世界自然基金會(WWF, World Wild Fund for Nature)日前發表「富有的國家，貧窮的水資源」報告，警示已開發國家正面臨水資源危機。由於全球暖化所帶來的降雨減少、水蒸發作用增加、冰山融化速度的驟升，以及水利工程缺乏優化設計、水資源管理不善等原因的綜合作用，水資源危機已經成為全球面臨的最大威脅之一。

目前台灣水資源供需在各項既有水利設施的充分調配、聯合運用下，尚能滿足用水需求，惟部份文獻指稱，數年後，用水將出現供需失衡之困境。無疑地，未來水資源管理將面臨更嚴峻的挑戰與考驗，譬如全球氣候變遷可能提高水文不確定性；水文豐枯比更懸殊，加重枯水期供水風險；水源水質污染嚴重，降低可利用水源量；局部地區超抽地下水致發生嚴重地層下陷；尚可開發之水資源計畫面臨環保訴求，推動日益困難。相對地，台灣正面臨知識、資本、技術密集之高度競爭環境，生活與產業用水對供水之質

與量均要求高度穩定性，故水資源管理不容忽視，必須未雨綢繆、及早因應。

本文之作，著眼於自來水事業之「公共建設現代化」，藉助水資源之有效經營，以提升相關水利產業能力與附加價值，由而促進水利經濟。

二、價值鏈

(一) 產業價值鏈

美國哈佛商學院 Michael E. Porter 教授於 1985 年，在其所著的《競爭優勢》一書中首先提出價值鏈(Value Chain)的概念。意謂：「企業的價值鏈係由一系列相互聯繫的、創造價值的活動構成。這些活動分佈於原材料獲取到產品消費間的每一個環節，這些環節相互關聯(Interrelated)並相互影響(Interacted)」。在此基礎上，波特提出了價值鏈分析方法，即對企業活動進行分解，經由考察這些活動本身及各活動間的關係，以確定企業競爭優勢。

隨著產業內分工不斷地縱向發展，產業內不同類型的價值創造活動逐步由一個企業為主導分離為多個企業的活動，這些企業相互構成上、下游關係，共同創造價值。圍繞某種特定需求或進行特定產品生產(或服務)所涉及的一系列互為基礎、相互依存的上下游鏈條關係就構成了「產業價值鏈」。亦即，

價值鏈並不是孤立存在的，而係存在於由供應商價值鏈、生產價值鏈、通路價值鏈和顧客價值鏈共同構成的價值鏈系統中。產業發展已由「效率驅動」(Efficiency -Driven)的供應鏈邁向「價值驅動」(Value-Driven)之價值鏈。

(二) 水利產業價值鏈

水利事業涉及生態、水文氣象、水庫、河川、地下水、河口溼地、海岸、港灣及海洋等，以及與「水」有關之經濟事業，無一不與民眾生活、經濟生產及環境保育息息相關。

本文所謂「水利產業價值鏈」，茲依自來水法有關規定及產業特性分為上、中、下游活動。上游主要活動包含 1.「取水」即在水源地以抽水機將原水抽送至導水渠道(圳路)中。2.「導水」即將原水由水源地送至淨水場的過程稱為導水；中游主要活動為「淨水」即原水進入淨水場後經過混和、膠凝、沈澱、過濾、消毒等淨水程序，以去除水中的雜質及病菌；下游主要活動為「送(配)水」即原水經過淨水程序及消毒後已適合飲用稱為自來水，將自來水以管線配送至家戶的過程稱為送(配)水，如圖 1 所示。

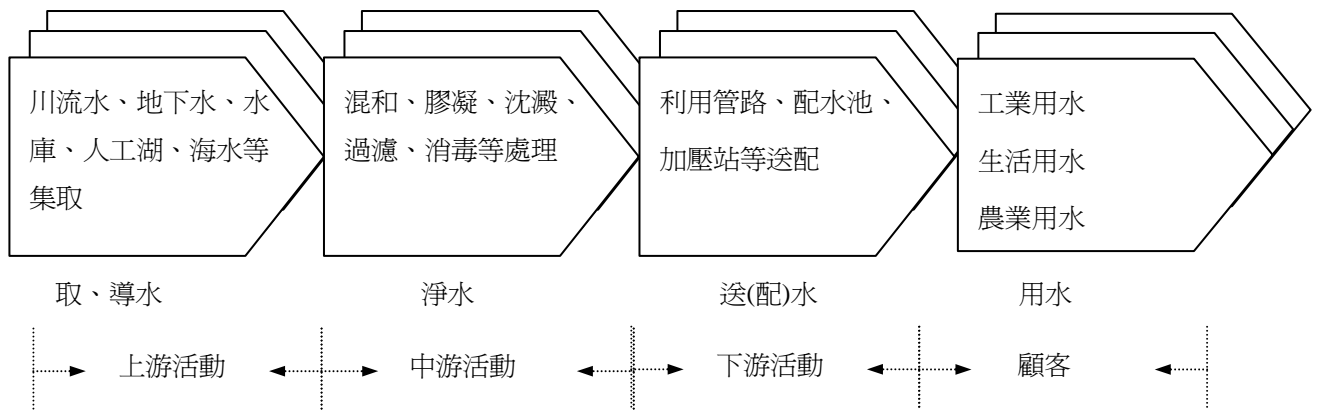


圖 1 水利產業價值鏈

三、經營現況與面臨問題

(一) 經營現況

水、空氣與陽光乃人類生存三要素，缺一不可；水無代替品，而油、電尚可由天然氣、煤等替代，足見水之重要性甚於油、電。

自來水事業提供之公共給水或工業用水，既是民生必需之維生品，也是各種生產原料之一。其經濟行為之利益，並不全歸屬自來水事業，而係具有促進經濟發展之外部

經濟效果。

水多取自於河川、湖泊等，並非各地皆有；惟常不淨，故須處理。亦即自來水非「自來」之水，須經取水、導水、淨水、配水等繁複過程，其皆有賴專業技術善加處理，由而提供適質、適量、適時之自來水。

台灣自來水公司自民國 63 年成立迄今，供水普及率已由當時之 41.03%，提升至

96 年預計可達 90.55%，對於民眾「量」的滿足，其貢獻深獲肯定。如今，時過境遷，本公司所肩負的政策性任務依舊，惟任務內容已有大幅度改變，隨著經濟的發展及國民生活品質的提升，本公司除提供「量」的滿足外，必須更進一步的提供「安全、衛生」及「服務好」的自來水。

為持續滿足民眾對自來水「質優、量足、服務好」的需求，近年來本公司基於民生、工業用水並重前提下，辦理各項自來水新擴

建工程，滿足用水需求諸如完成南化水庫大壩工程、澎湖烏坎海水淡化廠、新竹科學園區供水計畫、平鎮淨水場第二期工程、鯉魚潭淨水場第二期工程、澎湖望安海水淡化廠、高屏溪攔河堰下游工程、澄清湖高級淨水場工程...等，不勝枚舉。目前持續進行之重大投資計畫，將可誘發民間投資水利相關工程，孕含水利產業上、中、下游數百億產值，本節分就「計畫名稱」、「預訂完成日」、「價值創造」、「總經費」臚列如表 1。

表 1 現階段台水公司重大投資計畫

項次	計畫名稱	預訂完成日	價值創造	總經費(億元)
1	宜蘭羅東堰下游供水計畫	102.12.31	利用羅東堰取水建立清洲淨水場及理設下游送、配水管線，可供應宜蘭地區未來民生用水及竹科城南基地及五結中興基地用水。	23.36
2	板新地區供水改善計畫二期工程	101.12.31	以供應台北市及台北縣板新地區至民國 110 年計畫人口約 630 萬人及其工商業發展用水需求。	61.50
3	穩定供水設施及幹管改善	100.12.31	可提供桃園縣（復興鄉以外）目標年民國 110 年最大日 172 萬 CMD 需水量，另可滿足桃園開發及編定中工業區用水。	49.50
4	寶山淨水場第三期擴建及下游送水工程計畫	98.12.31	配合寶二水庫興建計畫擴建寶山淨水場及下游供水管線，以供應新竹地區民生及科學園區用水需求。	16.27
5	新竹科學工業園區四期銅鑼基地供水計畫	97.12.31	由鯉魚潭淨水場供應供銅鑼基地最大日 4.9 萬噸清水。	8.07

項次	計畫名稱	預訂 完成日	價值創造	總經費(億元)
6	中部科學工業園區 台中基地供水計畫	97.12.31	供應中科台中基地最大日 14.5 萬噸清 水。	7.85
7	豐原一、二場廢水處 理計畫	100.12.31	本計畫完成後，除可確保原水濁度低於 180NTU 時淨水場處理水量不受影響，亦 即無須減量出水或面臨關閉。提高台中 地區工業用水之穩定性。	6.87
8	中部科學工業園區 第三期-后里基地供 水計畫	98.12.31	興建 20 萬噸淨水場，供應后里基地 13.7 萬噸用水需求。	13.82
9	台中市精密機械科 技園區供水計畫	98.12.31	由大台中區供應最大日 2.04 萬噸，可滿 足該園區目標年 0.62 萬噸用水需求。	3.72
10	大埔美智慧型工業 園區供水計畫	96.12.31	利用林內淨水場處理後清水，增埋管線 加壓供應本工業區 2.9 萬噸需求量。	2.20
11	台南科學工業園區 特定區供水計畫	99.12.31	規劃於曾文淨水場及潭頂淨水場辦理整 建增加處理水量 14 萬 CMD，俾供應特 定區用水之需求。	12.30
12	南部科學工業園區 管理局—高雄園區 供水計畫	98.12.31	配合阿公店水庫更新計畫，辦理原水導 水管及新建 12 萬噸淨水場，以供應高雄 園區需水量。	9.11
13	降低漏水率計畫	98.12.31	提高工業產值、產量、降低供水成本、 提高水資源調度能力。	90.00
14	產水設備更新計畫	96.12.31	提高淨水場出水能力，促進淨水工程業 界之商機及技術交流。	2.60

(二)、面臨問題

1、新水源開發不易，水權取得困難

台灣地區地狹人稠，且已有之水權為
農業取得，地下水又受限取用，故自來水

水源之取得越來越困難，水源之開發成本
越來越高。

2、水源水質日益惡化，增加淨水處理成本

台灣地區地形地質構造複雜，長期遭



受沖蝕及不當開發，水源涵養能力降低，復因工業急遽發展，污染物大量排入河川，影響水質，必須以高級處理因應。

3、高濁度水源水質，超過自來水目前之處理能力

921 地震後，集水區表土鬆動，每遇颱風豪雨造成之濁度，自來水淨水場無法處理，必須增設備載處理能力及加設相關之沈澱池。

4、環保法規對飲用水水源及飲用水水質標準之提高

近年來國人對自來水水質之要求甚高，故相關政府主管機關亦訂定更嚴格之水質標準，致使自來水事業須投資大額資金改善現有相關淨水處理設備。

5、管線老舊，漏水嚴重

臺灣各地之輸、配水系統，囿於財源，故多採用經濟管種，因長期受地面重車動態行駛輾壓與不斷挖修，以致管線漏水量偏高。

6、防災應變能力、安全穩定供水有待加強

台灣經常發生颱風、豪雨、地震、土石流、地盤沉陷、水污染、枯旱...等災變，自來水事業之設施及營運常突受其害，致須減量供水，甚至暫時停止供水，造成民眾怨聲載道，尤對工業用水之影響至巨。

7、用戶要求服務品質提高

消費者意識抬頭，公民營企業無不以顧客為導向，提供顧客滿意的服務與產品。本公司為國營事業更應加緊腳

步，提高服務品質。

8、財務負荷沉重

因水價低，致本公司營收有限；茲屆管線經濟壽齡，需大量汰舊更新，亟需大量資金，造就本公司財源捉襟見肘之窘境。

四、經營目標

21 世紀水資源之經營管理，一則必須因應臺灣地區整體水環境變化；二來，必須考量產業之用水需求已因傳統產業外移與科技生技產業活絡，產生空間、時間之結構轉變。

經由預測、分析，本公司擬訂目標年 2015 年(民國 104 年)之量化目標如下。

(一) 用水供需分析

1、預估供水普及率

近五年(民國 90 年~94 年)本公司供水普及率，平均年成長率約 0.26%。假設未來成長趨緩，每年以 0.22% 計，另計經濟部水利署辦理之「無自來水地區供水改善計畫」及原住民委員會辦理之「原住民居住地區供水改善計畫」，預估民國 104 年供水普及率可提升為 93%。

2、推估供水人口數

依人口推估及普及率預估，民國 104 年供水人口數約為 1,800 萬人。

3、預估每人每日用水量

依本公司統計結果，民國 95 年每人每日用水量為 244 公升；預估民國 104 年每人每日用水量約為 270 公升。

4、預估工業用水

1.現有工業區用水：近年來受傳統產業外移

之影響，廠商投入情形較不熱烈，依據民國 95 年工業用水量年約 48,545 萬立方公尺。

2. 新增工業區用水：新增工業區用水包含開發中、已編定及編定中統計，預估民國 104 年工業用水年約為 82,490 萬立方公尺。

5、推估平均年需水量

本公司推測，民國 100 年公共用水(含一般用水及工業用水)平均年需水量為 37 億 6,680 萬立方公尺；民國 110 年平均年需水量為 40 億 9,895 萬立方公尺。依此推估，民國 104 年平均年需水量為 38 億 9,820 萬立方公尺。

6、預估水質標準

國民生活品質提高，飲用水水質標準及相關環保法規也日趨嚴格。本公司將就可能發生未符標準之淨水場進行改善，以符合未來更嚴格之水質標準以及環保法規。

7、預估淨水設備能力

台灣本島及澎湖地區(不含北水處供水區)96 年供水能力為 38 億 4,345 萬立方公尺/年；受限於水質及水源量，預計民國 104 年系統供水能力約為 51 億 763 萬立方公尺/年。

8、預估漏水率

配合行政院「2015 年大投資大溫暖計畫」，本公司擬自民國 96 年至 98 年每

年投入 30 億元經費辦理小區管網、管線更生、地理資訊(GIS)等工作，預估每年減少漏水率 0.33%，合計三年投入經費約 90 億元；續於民國 99 年至 104 年每年投入 30 億元，合計六年投入經費 180 億元，每年減少漏水率 0.33%，預期至民國 104 年漏水率降低至 20.48%。

(二) 民國 104 年量化目標

1、普及率：擬訂民國 104 年普及率為 93%。

2、供水人口數：預估民國 104 年供水人口數為 1,800 萬人。

3、需水量：預估民國 104 年平均年需水量為 38 億 9,820 萬立方公尺。

4、漏水率：擬訂民國 104 年漏水率降為 20.48%。

5、水質：符合行政院環保署之水源水質、飲用水水質、放流水(含回收水)標準。

6、供水能力：擬訂民國 104 年系統供水能力為 51 億 763 萬立方公尺/年。

五、經營策略

(一)、SWOT 分析

著眼自來水事業之永續發展及其於水利產業之價值創造，本文以 SWOT 為工具，尋找妥適之策略。其中，外在環境之「威脅」及內部環境之「劣勢」，業於前節「面臨問題」敘明，本節不再贅述。茲補述外在環境之「機會」及內部環境之「優勢」，由而試擬經營策略，如表 2 所示。

表 2 台水公司 SWOT 分析

SWOT 分析表			
經 營 策 略 內 部 環 境 外 在 環 境		優勢	劣勢
			1. 執行能力及人才 2. 豐富的淨水經驗 3. 整合資訊能力
機會	1. 獨佔事業，水為民生必需品 2. 自來水業務穩定成長	➢ 提升供水普及率	➢ 積極開發、擴充水源
威脅	1. 新水源開發不易，水權取得困難 2. 民生及工業用水對水量、水質之需求提高 3. 水源水質日益惡化 4. 環保法規對飲用水水源及飲用水水質標準之提高 5. 用戶要求服務品質提高	➢ 充裕水量，提升淨水能力及備載空間 ➢ 提升水質 ➢ 提升服務品質	➢ 降低漏水率 ➢ 穩定供水

(二)、策略及行動方案

由上表之 SWOT 分析可得，本公司之「經營策略」涵括(一)積極開發、擴充水源(二)充裕水量，提升淨水能力及備載空間(三)降低漏水率(四)提升水質(五)穩定供水措施(六)提升普及率(七)提升服務品質等七項；續就各該「經營策略」衍生彼等之「行動方案」，茲分述如下。

1、**積極開發、擴充水源**：配合水利署辦理 水資源開發計畫，如曾文越域引水工程、大甲溪八寶攔河堰、海水淡化廠興建、烏溪大度堰等計畫。

2、**充裕水量，提升淨水能力**：辦理現代化淨水場計畫、產水設備更新計畫。

3、**降低漏水率**：辦理小區管網計畫、管線更新計畫、地理資訊系統建置計畫。

4、**提升水質**：辦理產水高級處理設備計畫。

5、**穩定供水措施**：辦理連通管計畫、監控系統整合工程計畫及總水量計管理現代化計畫。

6、**提升普及率**：辦理「無自來水地區」及「原住民地區」供水改善計畫等。

7、**提升服務品質**：辦理自來水客服中心(Call Center)建置計畫。

前揭「經營策略」屬公共建設的一環，旨在配合行政院「2015 年大投資、大溫暖計畫」冀期達成「不缺水」之政策目標，所需經費 953.21 億元將建請政府以投資本公司方式辦理。茲就各項經營策略之「行動方案」，列示「提要」、「工程經費」如表 3 所示

表 3 台水公司「不缺水」投資計劃

策略(主計畫)	行動方案(子計畫)	提 要	工程經費(億元)
積極開發、擴充水源	曾文越域引水工程、大甲溪八寶攔河堰、海水淡化廠興建、烏溪大度堰等計畫	以水利署辦理之水資源開發計畫為前導計畫，本公司配合辦理相關作業。	(註)
充裕水量，提升淨水能力及備載空間	現代化淨水場計畫	預定辦理「南科及南科液晶園區短中程供水計畫」、「曾文水庫越域下游自來水工程」、「新山淨水場產水設備現代化」、「雲林湖山水庫下游供水計畫」、「坪林淨水場擴建工程」、「員嶼淨水場擴建工程」、「通霄五期擴建計畫」等工程。	190.20
	產水設備更新計畫	辦理現有產水設施性能不佳或故障時，進行機動更新，辦理淨水設備及儀器局部汰舊換新，以恢復原有設備出水能力。	27.00
降低漏水率	降低漏水率計畫	辦理小區管網建置、管線更生、地理資訊系統建置。	270.00
提升水質	產水高級處理設備計畫	辦理台北板新淨水場、桃園平鎮淨水場、新竹第一及第二淨水場、苗栗明德淨水場、苗栗鯉魚潭淨水場、嘉義蘭潭淨水場、嘉義公園淨水場、台南烏山頭淨水場、台南南化淨水場、高雄坪頂淨水場、屏東牡丹淨水場等之水源水質監視暨監測，增設多重(Multiple Barrier)淨水處理系統。	250.00
穩定供水	自來水連通計畫	預定辦理「寶山-竹北、芎林幹管連通工程」、「鯉魚潭淨水廠至苗栗地區送水管計畫」、「南化淨水場至豐德配水池複線送水幹管工程」、「南化原水延送拷潭廠(竹寮-磚仔寮)導水管工程」、「貢寮-基隆第二條送水管」、「五股-八里幹管連通工程」等計畫。	85.03

策略(主計畫)	行動方案(子計畫)	提 要	工程經費(億元)
	監控系統整合工程計畫	整合(含新建)本公司全省 12 處集中控制中心、120 處分區控制中心及 3000 處監控站，並於總管理處設置資料處理中心、網站及相關資訊防護措施。整合並由廠商建置、維護之設備包含水量計、濁度計、餘氯計、PH 計、壓力計及水位計等水質、水量監測重要設備外，亦保留監控點將閥類電動機、抽水機、數位電表、TOC 偵測儀器等重要供水調配及水質監測設備納入監控系統以利遙控。	67.40
	總水量計管理現代化計畫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以自動讀表、數據傳輸與應用系統等軟體設備，示範建置「出水總水量計自動讀表系統」。 2. 規劃網際網路資料庫應用軟體，提供場站操作、管理之即時分析資訊，讓公司供水資訊一元化、提供督導管理與決策階層更完整、確實之資訊。 3. 解決長期以來總水量計(超音波式、電磁式、文氏表、螺旋電傳式等)表值(表頭數值與監控中心傳訊數值)不同步之困擾。 	6.00
提升供水普及率	提升自來水供水普及率計畫	針對偏遠地區、生活機能及生產環境相對落之弱勢族群未接水原因，提出解決其飲用水問題，主要策略為由本公司辦理宣導接用自來水、協助申裝手續及以政府經費補助該弱勢族群自來水申裝工程費。	45.54
	無自來水地區供水改善計畫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分年分期辦理無自來水地區自來水延管工程(第一期預計增加 1.4 萬供水戶)。 2. 簡易自來水改善工程。 	9.32

策略(主計畫)	行動方案(子計畫)	提 要	工程經費(億元)
	原住民地區部落水資源規劃及供水計畫	1. 自來相關工程 71 項(包含管線更新、接管及延管等)。 2. 簡易自來水新增、改善工程 172 項。 3. 飲水系統地理資訊系統建置。	1.46
提升服務品質	自來水客服中心(Call Center)建置計畫	滿足用戶快速回應處理之需求，在各區處設立客戶服務中心(Call Center)，集中作業以快速處理用戶之各項查詢及申訴，實現一通電話全程服務。	1.30
合計			953.21

註：第一項策略(主計畫)「積極開發、擴充水源」為水利署業務，故不列入本公司工程金額合計

六、價值創造

自來水建設屬公共建設之一環。短期而言，具誘發民間投資、提高經濟成長率、創造就業機會之效果；中長期而言，更可透過基礎公共設施的充實，厚植產業生產力、強化國家競爭力。本公司近年來致力辦理「公共建設現代化」計畫，冀期創造如下產業價值及無形效益。

(一)、產業價值

配合行政院之「2015 年大投資、大溫暖計畫」，以達成「不缺水」之政策目標，本公司預計辦理之現代化執行計畫，總工程經費合計新台幣 953.21 億元，再加上其他水利相關工程，可望帶來數千億商機，創造國內營建業、管材業、機電業、資訊電腦業等之龐大產值，從而誘發民間投資、提振經濟景氣。

(二)、無形效益

本計畫除產業價值外，對生活品質、水資源開發、投資環境與政府形象亦有如下的效益。

1、改善或提高國民生活品質

提高供水普及，除可提高民眾生活水準，亦可減少疾病之發生或蔓延。對偏遠地區、原住民地區用水品質之改善，除造福弱勢族群，亦保障其飲用水安全，維護其健康。

高級產水設備之現代化，可改善水質、提升水質之口感、味覺等品質，使民眾對水質安全與環境衛生深具信心，亦彰顯政府照顧民眾之德意。

2、改善投資環境

供水系統間相互備援，可穩定供水。一旦發生供水危機，透過緊急用水之支援將立即突顯其「價值」；產業因供水需求無虞，則投資意願提高，由而有利於持續經濟之發展。

3、緩解水資源開發壓力

減少漏水，可緩解水資源開發壓力，亦確保水資源之永續發展。

4、塑造政府優良形象

客服中心兼具網際網路客服整合功能，可主動提供用戶欠費催告及停水預告(以外撥電話、簡訊及或電子郵件通知)之服務，並提供用戶網路交談(Web Chat)、線上留言、電

子郵件、簡訊等多元化服務管道。

易言之，以數位化 Call Center，提供民眾 24 小時全天候多元服務管道，一通電話全程服務，除可提高行政服務效率，亦可塑造政府優良形象。

七、結語—計利當計天下利

經濟發展為國家富有強盛之條件，國家富強始能提升民眾生活品質、增進全民福祉。欲求發展經濟，有賴水利產業之有效管理，方足奏功。

以自來水事業而言，本公司辦理上揭「公共建設現代化」計畫並不符投資效益，惟如上(第六)節所述，其對整體水利產業之價值及無形效益將貢獻運應而生，深具綜合效

益。

吾人深信：「民為邦本」；吾人亦知：「水為民本」。自來水不可或缺，也難以取代；自來水事業須吻合時代脈動、契合用戶需求，藉助「自來水公共建設現代化」，以提供量足、質優、服務好之自來水，善盡「提升國民生活水準，促進經濟發展」之使命，由而誘發商機，增益自來水事業於「水利產業」之「價值創造」。

作者簡介

陳福田先生

現職：台灣自來水股份有限公司總經理

專長：自來水工程規劃、設計、監造及專案管理

台水公司淨水場清水及配水中含鹵乙酸之流佈

文/張慧嫻、童心欣、趙哲基、王根樹

一、背景

由於含氯消毒劑成本低廉、操作技術成熟，且有餘氯殘留在配水系統中等優點，是最廣泛被使用的消毒劑。但使用化學消毒劑並非全無風險，其中含氯消毒劑與水中天然或人為有機物作用反應生成之鹵化消毒副產物 (Disinfection By-Products, DBPs)，有可能引起不同的人體健康風險，而受到相關專家及學者的重視。

自 1974 年 Rook 首次發現飲用水中微量的鹵化消毒副產物後⁽¹⁾，三十餘年來不同學者針對消毒副產物的生成、健康效應及其控制技術，投入許多心力，其中三鹵甲烷 (Trihalomethanes, THMs) 即是飲用水中主要出現的物種。由於三鹵甲烷有增加膀胱癌、直腸癌及大腸癌之潛在風險，而 1976 年美國國家癌症中心 (National Cancer Institute, NCI) 所公布的研究報告中也指出⁽²⁾，氯仿 (Chloroform) 是一般飲用水中最主要出現的三鹵甲烷物種，且由動物實驗證實為致癌性物質，所以自 1979 年起，美國即將 THMs 列為清水之管制項目之一。台灣地區除了已在飲用水水質標準中加以管制外，更於 95 年 7 月將總三鹵甲烷管制標準由 100 $\mu\text{g/L}$ 降低至 80 $\mu\text{g/L}$ 。

除了三鹵甲烷相關的研究與議題持續地受到廣泛討論外，近一、二十年來，含鹵乙酸 (Haloacetic Acids, HAAs) 的分析、生成、控制及其環境中流佈的相關研究，亦受到相當地重視。含鹵乙酸在飲用水中所出現的頻率及濃度僅次於三鹵甲烷，也為消毒副產物

的主要物種之一。目前亦已有許多研究指出部分含鹵乙酸可引起肝毒性、基因毒性、神經毒性、胚胎毒性、生殖危害等多種毒性，更可引起人類最為關心的致突變性或致癌性，某些研究指出，二氯乙酸較三鹵甲烷更具致癌性⁽³⁾，故釐清暴露含鹵乙酸所導致的健康風險實為飲用水管理上必要之課題。

但由於其高度離子化及熱不穩定等特性，使得 HAAs 之分析面臨一些難題，尚未獲得有效解決。即使台灣地區已公告固相萃取膜或固相萃取管柱的標準分析方法 (NIEA W533.51B)，但因該方法較為繁瑣及耗時，較不易被分析檢測人員使用。再者由於台灣地區尚未訂定飲用水中 HAAs 之管制標準，故台灣地區一直缺乏大規模且具代表性之飲用水中含鹵乙酸散佈的背景資料。本研究在台灣自來水公司各區處檢驗室的協助下，以 USEPA552.3 方法為基準，建立標準分析流程，並以水公司所屬 87 個淨水場為對象，調查清水及配水中含鹵乙酸之濃度，配合國內外飲用水中 HAAs 流佈資料，嘗試描述台灣地區 HAAs 散佈現況，並提供訂定 HAAs 管制標準參考。

二、含鹵乙酸之來源及特性

含鹵乙酸主要由含氯消毒劑 (HOCl、NaOCl、Cl₂)、溴離子與原水中天然或人為有機物反應而生成，共生成 9 種含氯或溴之單鹵、二鹵及三鹵乙酸：一氯乙酸 (Monochloroacetic acid, MCAA)、一溴乙酸 (Monobromoacetic acid, MBAA)、二氯乙酸 (Dichloroacetic acid, DCAA)、一溴一氯乙酸 (Bromo-

-chloroacetic acid, BCAA)、二溴乙酸 (Dibromoacetic acid, DBAA)、三氯乙酸 (Trichloroacetic acid, TCAA)、一溴二氯乙酸 (Bromodichloroacetic acid, BDCAA)、二溴一氯乙酸 (Chlorodibromoacetic acid, CDBAA) 與三溴乙酸 (Tribromoacetic acid, TBAA)。含鹵乙酸具有極性及親水性，且沸點幾乎都在 200°C 以上，再加上其 pKa 值偏低 (0.55-2.86)，因此在一般環境的自然水體中 (pH > 6) 幾乎完全解離 (> 99.9%)，而主要以鹵乙酸鹽離子的形式存在⁽⁴⁾。

含鹵乙酸的生成量受多種因素所影響，如原水中有機物濃度越高，HAAs 生成量越高；消毒劑種類不同 (如 Chlorine 或 Chloramine 等)，生成的 HAAs 物種比例及濃度也有所差異；或者是添加消毒劑的劑量，與消毒劑接觸的時間，原水中溴離子的濃度，pH 值和水溫等條件，皆會影響 HAAs 於環境水體中散佈的情況。

部分含鹵乙酸已被證實具有多種毒性，如 DCAA 對老鼠具有肝毒性及神經毒性^(5,6)，其他物種之 HAAs 具有基因毒性、胚胎毒性或生殖危害，甚至是有些物種已被提出具有不同器官組織的致癌性或致突變性，且亦被證實含溴離子之 HAAs 具有更高之毒性⁽⁷⁻¹³⁾，故即使在一般飲用水中含溴物種之比例相對而言較低的多，但仍需考量民眾暴露及其健康風險。

三、含鹵乙酸之處理與控制

(一) 含鹵乙酸之處理

相較於具揮發性之三鹵甲烷可利用加熱煮沸的方式加以去除⁽¹⁴⁾，含鹵乙酸因具高極性且非揮發性，必須藉由其他方法加以處

理。一般可從三個原則著手：使用替代的消毒劑或淨水處理流程，於添加氯消毒劑前先去除了或降低原水中有機前質，或於 HAAs 生成後利用特定方式去除。

前文曾提及不同的消毒劑會生成不同的消毒副產物物種，其中含氯消毒劑較易生成鹵化的消毒副產物，如 THMs 及 HAAs，故可考量使用其他種類的消毒劑處理水質 (如氯胺、臭氧和二氧化氯等)。但同樣地使用其他種類消毒劑可能會產生其他種類的 DBPs，如使用 chloramine 易生成 nitrosamines 類之 DBPs，利用臭氧消毒亦會導致溴酸鹽形成，而這些 DBPs 之毒性甚至可高於傳統 THMs 及 HAAs 等鹵化 DBPs，因此使用的消毒劑種類或淨水處理流程應如何取捨，仍須透過淨水場水質特性及處理效能評估審慎考量。

至於原水中有機前質的去除，是降低水中不同 DBPs 濃度最根本的方法，一般原水含高濃度有機物之淨水場內所常利用之強化混凝方式即為其一。美國環保署在地表水處理規則 (Surface Water Treatment Rule) 中即規定，使用原水含有超過 2 mg/L TOC 之淨水場，必須使用強化混凝方式去除一定比例之 TOC (25%-60%)，而其去除率依原水 TOC 濃度及鹼度加以決定。一般而言，鹼度較高之原水會降低強化混凝去除 TOC 之效率，因此對於 TOC 去除率之要求亦較低。未能達到地表水處理規則所要求 TOC 去除率之淨水場，則必須針對其 TOC 去除加以探討並訂定處理目標，或應提出可採用之替代處理流程並經 USEPA 同意。除強化混凝外，亦可使用粒狀活性炭 (GAC)、薄膜、臭氧氧化或使用

高錳酸鉀做為前氧化劑等方式控制有機前質。

HAAs 生成後，也可利用某些處理方法去除。例如目前較受重視且去除效果較為明顯的是採用生物降解。Singer 等人發現 HAAs 在地下儲存的清水池中很快被降解，且推論是好氧生物降解作用所致⁽¹⁵⁾。Williams 等人在溫度較高的季節中發現配水系統於 maximum residence time locations (MRTLs, 配水系統中距離水廠最遠之位置)時，水中 HAAs 濃度已降至低於偵測極限；並以 MRTLs 純化的微生物來觀察水中 HAAs 降解，推測配水系統中具生物活性的生物膜或較多的異營菌可降解 HAAs；另外，haloacid dehalogenase 相關的酵素降解也可能與 HAAs 的生物分解有關^(16,17)；其他數種細菌也以聯合新陳代謝的方式，或將 HAAs 當作一單獨碳和能量來源之機制將之移除⁽¹⁸⁾，其他關於生物降解部分將於下節進一步說明。

除了生物降解外，粒狀活性碳 (GAC) 在飲用水中常被用於色度、味道、臭味以及有機物的去除且根據 Zhou 和 Xie 研究^(20,21) 新過濾管柱剛裝設運作還未培養出生物活性時，活性碳便可吸附部分 HAAs，在活性碳吸附飽和後，濾材表面生成的生物膜即負責主要的 HAAs 去除。

其他少數研究指出使用逆滲透去除含鹵乙酸的去除效果可高達 90% 以上^(22,23)，或以零價鐵 (Fe^0) 處理，將含鹵乙酸進行脫鹵反應，將其反應成乙酸或一氯乙酸⁽²⁴⁾。

(二) 含鹵乙酸生物降解特性

1、微生物學研究及環境觀察

關於 HAA 的生物降解近年來有相當多的討論，包括基礎性的微生物研究，或是經由實際環境觀察所發現 HAA 具有被生物降

解而移除之特性，故本文將各文獻之主要結果整理於表 1 中以供參考。

2、生物活性碳濾床

在生物活性碳處理 HAA 部分以 Xie 等人^(20,21) 之研究最為完整，分別透過批次實驗以及管柱實驗觀察 HAA 降解情形。其研究使用實場清水去餘氯後分別添加 MCAA、DCAA 及 TCAA 各 100 ppb，結果顯示三種 HAA 均可被生物降解，MCAA 約 200 小時後濃度便低於偵測極限，DCAA 約 250 小時後濃度降至最低，而 TCAA 濃度下降發生於 MCAA 及 DCAA 完全降解後之 48 小時，且於 10 天後濃度仍約剩下 50ppb。另以生物活性碳管柱處理 HAA，結果顯示初期活性碳吸附為主要去除機制，於活性碳吸附達飽和期間後並無去除效果；其後於生物作用養成後，微生物降解則成為主要去除機制。且微生物對於各 HAA 降解之作用時間不同，含有鹵數越多之 HAA 越難降解。

另外美國環保署在 1997 年 7 月至 1998 年 12 月間，透過資料收集規則 (Information Collection Rule, ICR) 蒐集包括 296 個大型公共供水系統 (供水區超過十萬人)，大約 500 個各種淨水場之處理程序及水質參數資訊。Tung and Xie 分析 ICR 資料庫之 DBP 數據，結果顯示 (表 2、表 3) 處理程序包含 GAC 吸附之淨水場，其清水中 HAA₅ 及 HAA₉ 之平均濃度皆低於未使用 GAC 之淨水場；但是其 THM 之平均濃度則高於未使用 GAC 之淨水場。該研究推測，可能由於使用 GAC 吸附之淨水場原水中，一般含有較高之有機物濃度，有利於消毒副產物之生成，但 GAC 之使用又提供生物生長的介質，而促使 GAC 濾床扮演生物濾床的功能，而降低水中 HAA 之濃度。



表 1 HAA 生物降解之相關研究結果

	研究團隊	年代	研究結果
微生物學研究	van der Ploeg et al. ⁽²⁵⁾	1991	<i>X.autotrophicus</i> 所產生之酵素可降解 MCAA、MBAA、DCAA 及 DBAA，但無法降解 TCAA
	Uchiyama et al. ⁽²⁶⁾	1992	<i>Xanthobacter autotrophicus</i> 能有效降解含氮有機物，其中包括 DCAA
	Castro et al. ⁽²⁷⁾	1996	一氯乙酸可被土壤中之 <i>Methylosinus trichosporium OB-3b</i> 降解 ($T_{1/2} \doteq 3.4\text{hrs}$)
	Hashimoto ⁽²⁸⁾	1998	1. HAA 可被 haloacid dehalogenase 分解成 hydroxy-alkanoic 或 oxoalkanoic acids 2. <i>Xanthobacter autotrophicus</i> 於好氧條件下降解 HAA ($T_{1/2} \doteq 1-2\text{days}$)
環境觀察	Muller et al. ⁽²⁹⁾	1996	TCAA 於湖水中之 $T_{1/2}$ 預計大於 230 天
	Hashimoto et al. ⁽²⁸⁾	1998	1. 調查河水及海水中之 HAA 濃度分佈 2. MCAA 為最快降解者，其次為 DCAA，而 TCAA 濃度較為穩定為三者中最不易降解之物種 3. 以河水為基質並添加 HAA 標準品於暗處 20 °C 進行培養，除 TCAA 濃度變化不大之外，其餘物種濃度均大幅下降 4. 以海水為基質進行培養，並以 HgCl ₂ 抑制微生物活性當成對照組，結果指出 MCAA、DCAA 及 BCAA 濃度下降趨勢相類似，而 TCAA 於 10 天內濃度並無明顯下降
飲用水系統	Chen et al. ⁽³⁰⁾	1998	THM 濃度與在配水系統停留時間呈正相關，而 HAA 濃度則隨停留時間遞減，且此趨勢於夏季更為明顯
	Vanessa et al. ⁽³¹⁾	2005	1. 當配水系統中缺少餘氯而造成微生物再生長之情況下，部分 HAA 會隨著在配水管線中停留時間增加而濃度下降 2. 儲存槽中也常發現 HAA 濃度下降之情形
	Helene et al. ⁽³²⁾	2005	1. 在溫水 (17~22°C) 及無殘餘消毒劑之情況下，二鹵乙酸在十二小時的停留時間後，有 60%~75% 被降解。 2. 在冷水 (12~14°C) 或有消毒劑之狀況下，沒有發現二鹵乙酸被降解 3. 三鹵甲烷及三鹵乙酸在上述條件下都無法被降解。

表 2 ICR 資料庫中淨水流程使用 GAC 與未使用 GAC 各淨水場
THM₄, HAA₅ 和 HAA₉ 濃度之比較 (單位: µg/L)

水樣	THM ₄		HAA ₅		HAA ₉	
	GAC	No GAC	GAC	No GAC	GAC	No GAC
過濾出水	25.9	29.9	13.5	25.4	17.6	33.7
清水	39.9	35.0	16.5	26.8	20.9	36.0
AVG1	57.3	44.5	23.4	31.8	31.9	41.5
AVG2	57.7	45.1	24.1	31.9	32.3	41.3
MRTL	64.5	48.7	24.0	30.8	32.1	40.1

※AVG1&AVG2: 配水系統平均停留時間代表樣品。

※MRTL: 配水系統最大停留時間(maximum residence time location)代表樣品。

表 3 ICR 資料庫中淨水流程使用 GAC 與未使用 GAC
各淨水場 HAA₉/THM₄ 之比值 (單位: µg/L)

水樣	GAC PLANTS	NO GAC PLANTS
過濾出水	0.68	1.13
清水	0.53	1.03
AVG1	0.56	0.93
AVG2	0.56	0.92
MAX	0.50	0.82

四、含鹵乙酸之法規管制現況

雖然 HAAs 目前已和 THMs 同時被認為是傳統的加氯消毒副產物物種，但因 HAAs 相關毒性測試研究結果有限，且已知的各方法中，針對含溴三鹵乙酸的分析仍有衍生不全、高溫易裂解等問題，故現今僅有少數國家或組織，針對 HAAs 個別物種或總濃度訂定出明確的管制規範。以 HAA 總濃度而言，主要也僅針對 HAA₅ (MCAA、DCAA、TCAA、MBAA、DBAA) 之總濃度加以管制。

其中在 HAAs 總濃度管制的部分，美國環保署在 1998 年起開始施行消毒劑-消毒副

產物法 (Disinfectant/Disinfection Byproduct Rule; D/DBP Rule)，目前乃根據該法第一階段所管制，HAA₅ 移動年平均濃度不得高於最大容許濃度 (Maximum Contamination Level, MCL) 之 60 µg/L；在此同時也訂定 DCAA 之最大容許濃度目標 (Maximum Contamination Level Goal, MCLG) 為 0 µg/L，TCAA 之 MCLG 則為 300 µg/L。另外加拿大政府管制 HAA₅ 年平均濃度應低於最大可接受濃度 (Maximum Acceptable Concentration, MAC) 80 µg/L 的標準，且該國之各淨水場應於合理情況下，在有效

的淨水處理流程中，盡可能維持並達到水中 HAAs 低濃度之狀態 (As Low As Reasonably Achievable, ALARA)。其他如澳洲、德國、歐盟、台灣等都尚未加以規定，不過我國環保署已開始研擬台灣地區之 HAAs 管制標準。

另外針對單一物種而言，美國環保署目前將 TCAA 列為 C 級 (可能人類致癌物)，將 DCAA 列為 B2 級 (極可能人類致癌物)，MCAA 則尚未具有確切之致癌性證據，故現今仍歸類為 D 級。而世界衛生組織(WHO)於 2002 年則分別將 TCAA 列為 C 級，DCAA 列為 2B 級 (可能人類致癌物)，MCAA 目前尚未加以分類與規範。此外，WHO 根據健康風險評估計算之結果推論，訂定 HAAs 部分物種的建議值，其中 MCAA 為 20 $\mu\text{g/L}$ ，DCAA

為 50 $\mu\text{g/L}$ ，TCAA 為 200 $\mu\text{g/L}$ 。其他如澳洲、日本亦針對 DCAA 及 TCAA 分別提出相關建議值 (表 4)。

然而，綜觀各國或各組織的管制現況，皆主要針對含氯 HAAs 物種。但根據以往研究結果顯示，原水中若含有溴離子，或添加消毒劑中具有含溴物種的不純物存在，溴離子就會取代消毒劑中的氯，與有機物質反應生成含溴 HAAs 物種。由於文獻指出含溴 HAA 物種一般具有較高之毒性，且溴之原子量大於氯，加以 HAAs 管制標準建立在重量管制的基礎上，因此若只針對 HAA₅ 濃度進行管制時，極易忽略含溴物種 (特別是含溴三鹵乙酸) 對特定地區的居民所造成的健康效應。

表 4 各國家或組織針對 HAAs 相關管制值之比較

(單位： $\mu\text{g/L}$)

國家/組織	MCAA	DCAA	TCAA	HAA ₅
WHO (Guideline)	20	50 (致癌性 2B 級)	200 (致癌性 C 級)	-
美國 (MCLG)	-	0 (致癌性 B2 級)	300 (致癌性 C 級)	移動年平均<60
澳洲 (Guideline)	150	100	100	-
日本	20	40	200	-
加拿大	-	-	-	年平均濃度<80

※ MCLG (Maximum Contamination Level Goal)：在飲用水平低於此一現值並未有直接風險之證據會對人體健康造成風險，並非為強制性目標。

※ MCL (Maximum Contamination Level)：在飲用水平中污染物最高容許之量，為強制性目標。

五、飲用水中含鹵乙酸之散佈

(一) 世界各國含鹵乙酸流佈

由於各國 HAA 法規管制現況各不相同，分析方法有所差異，且原水水質各有其特性，故各國飲用水平中 HAAs 數據實難相互比較，本文將資料蒐集結果彙整於表 5 中。

其中美國因已訂定 HAAs 法規管制標準，且於 1996 年公告 Information Collection Rule (ICR) 美國境內之淨水場需定時申報 HAA₆ 或 HAA₉ 濃度，故其相關背景資料也最為完整。

表 5 世界各國含鹵乙酸之流佈

國家	水樣來源	HAA ₅	HAA ₉	其他結果
美國 ⁽³³⁾	1997.07- 1998.02	50% 濃度=17.9µg/L 90% 濃度 =50.5µg/L，約有 6.3 % >60µg/L	50% 濃度=22.1µg/L 90% 濃度=57.2µg/L， 約有 8.8% 不符合管制 標準	
美國、加拿 大 ⁽³⁴⁾	五個配水 系統	5.5-49µg/L 低於偵測極限 -223µg/L	1.5-41.3µg/L， 30.5-80.3µg/L， 14-75µg/L	
加拿大 ⁽³⁵⁾	淨水場清 水	濃度大多相等或遠超 過 TTHMs 的濃度		1. DCAA 及 TCAA 為最主 要出現物種 2. 冬季 DCAA 濃度較低 (<50 µg/L)，夏季濃度 較高 (>50 µg/L) 3. TCAA 不論夏季還是冬 季，濃度大多 <50µg/L
芬蘭 ⁽³⁶⁾	淨水場清 水	HAA ₆ =8.22-260.88 µg/L		DCAA (35%) 與 TCAA (49 %) 為主要物種
西班牙 ⁽³⁷⁾	家戶配水		12.81-87.00µg/L 地下水源濃度較低= 1.72-4.54 µg/L	1. DCAA 及 TCAA 為主要 物種 2. 原水中溴離子濃度較高 者，則主要生成 DBAA、 MBAA 及 TBAA (> 70%)

(二) 台灣地區含鹵乙酸流佈

台灣地區因尚未針對飲用水中 HAAs 制訂管制標準，故目前國內淨水場普遍未監測 HAAs，所以除了近十幾年來少數研究數據外，台灣地區較為缺乏此方面大規模且完整的數據，故本章節將針對台灣地區含鹵乙酸在飲用水系統中的流佈及變化趨勢作一初步的文獻整理，以提供研擬台灣地區飲用水中含鹵乙酸管制標準時之部分參考。

1、清水及配水相關數據

表 6 彙整過去 10 餘年來，台灣地區飲用水中含鹵乙酸散佈之相關研究結果，包括不同地區清水及部分配水 HAA 數據，分別以 HAA₄、HAA₅、HAA₆及 HAA₉呈現。一般而言，以往調查結果顯示台灣地區飲用水中 HAA 濃度大致呈現外島地區 > 高雄地區 > 台中地區 ≥ 台北地區的區域變化趨勢。

表 6 台灣地區清水及配水中含鹵乙酸之流佈

研究團隊	水樣來源	HAA ₅	HAA ₉	其他結果
蔣氏,1997 ⁽³⁸⁾	1994.09 -1997.04 清水	北區 HAA ₄ =7.12-50.40 µg/L 中區 HAA ₄ =2.69-96.84µg/L 南區 HAA ₄ =8.88-83.33µg/L HAA ₄ =DCAA、DBAA、BCAA、TCAA		
許氏 ⁽³⁹⁾	2000 清水和配水	HAA ₆ =4.68-33.15 µg/L HAA ₅ 皆<60µg/L		單一 HAA=1-13 µg/L 清水與配水濃度分佈並無 太大差異推測可以淨水場 清水樣本代表家戶配水中 HAAs 之分佈
蔣氏,2000 ⁽⁴⁰⁾	1999-2000 清水	南區=9.5-12.3 µg/L 金門地區=12.5-25.4 µg/L 澎湖地區=7.3-28.2 µg/L		
蔣氏,2003 ⁽⁴¹⁾	2003 清水		北區=ND-100.2 µg/L 南區=23.3-720.1 µg/L	
張氏,2004 ⁽⁴²⁾	2003-2004 清水、配水		各地區平均值： 台北 =5.4(冬)-13.3(夏)µg/L 台中 =8.1(冬)-45.4(夏)µg/L 高雄 =22.2(冬)-90.6(夏)µg/L 外島 =36.8(冬)-67.5(夏)µg/L	大多地區 HAA ₉ 隨平均 氣溫降低而降低 DCAA 及 TCAA 為主要物種 HAA 濃度：外島地區> 高雄地區>台中地區≥ 台北地區

鑑於環保署已研擬 HAA₅ 飲用水水質標準之執行期程與趨勢，本研究於民國 96 年 2 至 3 月（冬季）及 7 至 8 月（夏季）間，經由水公司各區處檢驗室之協助，完成共計 87 座淨水場之兩次枯水季及豐水季的 HAA 採

樣分析，以瞭解台灣地區飲用水中含鹵乙酸散佈之現況⁽⁴³⁾。表 7 所示為 96 年兩次採樣各淨水場分佈及原水中有機物有機碳濃度及 UV₂₅₄ 平均值。

表 7 採樣各淨水場分佈及原水有機前質特性

區域	淨水場數	原水 NPDOC 平均值	原水 UV ₂₅₄ 平均值
北台灣	25	1.7	0.020
中台灣	22	3.9	0.023
南台灣	16	5.7	0.033
東台灣	16	1.2	0.024
外島水場	5	6.4	0.081
總數/總平均	86	3.2	0.028

※單位：DOC: mg/L; UV₂₅₄: cm⁻¹

※外島水場：包括水公司所屬澎湖及綠島之淨水場。

本研究以 USEPA552.3 為基礎建立 9 種 HAA 之方法偵測極限 (Method Detection Limits, MDLs) 及各物種之分析檢量線 (表 8、表 9、圖 1)，並據以進行樣品分析與檢測。綜觀 96 年兩次採樣分析結果，於冬季清水樣本中 HAA₅ 分佈在 1.0-38.9 μg/L 之間，HAA₉ 為 1.6-60.6 μg/L；而配水樣本中 HAA₅ 分佈在 1.2-38.2 μg/L 之間，HAA₉ 為 1.7-61.8 μg/L。夏季清水樣本中 HAA₅ 分佈在 0.2-44.9 μg/L 之間，HAA₉ 為 0.2-55.7 μg/L；而配水樣本中 HAA₅ 分佈在 0.2-46.7 μg/L 之間，HAA₉ 則為 0.2-57.8 μg/L。依據檢測結果，96 年度採集的清水及配水樣本，皆符合美國 EPAHAA₅ 移動年平均值為 60 μg/L 的管制標準。將各淨之擬似指標，故本研究亦進行 HAAs 與 THMs 之比較與分析。結果如圖 3 所示，結果顯示以 TTHM 濃度推估 HAAs 生成濃度之相關性良好，R² 約為 0.60 至 0.70 左右。且可能因台灣本島所生成的 HAA 物種大多都為 HAA₅，除了外島地區外，其他含溴 HAA 濃度不高，

水場 HAA 數據依地理區域進行比較，各地區 HAA₉ 濃度主要呈現外島地區 > 南部地區 > 北部地區 > 中部地區 ≥ 東部地區的區域變化趨勢。

另外在物種分佈比例的部分，如圖 3 所示，顯示清水及配水 HAA 物種仍以 DCAA 及 TCAA 為主要物種，在冬、夏兩季分別約佔 53% 及 59%，其次為 BCAA，約佔 11-16%。只有少數區域如澎湖等外島地區，由於原水中含有較高濃度之溴離子 (約為 0.8 mg/L)，故生成主要為含溴物種之 HAAs，包括 DBAA 及 BCAA，亦可檢測出含溴三鹵乙酸。再者目前已有部分學者探討 HAAs 及 THMs 之相關性⁽⁴¹⁾，擬由進行 THMs 之監測，做為 HAAs 所佔比例也不多，故整體來看，HAA₅ 與 HAA₉ 之濃度也不會有明顯的差別，故以 TTHM 來預測 HAA₅ 或 HAA₉，亦不會產生過大的差異。故整體來看，分析數據顯示 TTHM 濃度越高，水中 HAAs 濃度也會越高；考量檢測時間及成本，未來淨水場可以

透過 THMs 檢測監控清水 DBP 之生成，並以 HAAs 之檢測為輔，以降低檢測成本。

96 年兩次各淨水場樣品均包含清水及配水樣品，圖 5 所示為不同淨水場所採清水與配水樣本中 THMs 及 HAA 之比較，結果顯示無論 THMs 或 HAAs 之濃度，在清水及配水兩者間並無明顯差異。若進一步將各 DBPs 物種之清水或配水的濃度進行統計檢定，檢定結果如表 10。首先利用 F test 檢定清水及配水樣品中 DBPs 濃度散佈之變異數有否差異，檢定完成後再以 T test 檢定兩種樣品中 DBPs 之濃度散佈是否有所差異。在本研究之清水及配水數據中，各淨水場清水及配水之 DBPs 濃度經上述方法比較後，T test 檢定機率值皆遠大於 0.05，顯示台灣地區經淨水處

理完成後之清水，與由配水系統管線所採集配水樣品，THMs 及 HAAs 的濃度並無統計上之顯著差異。亦即台灣地區各淨水場清水中 THMs 或 HAAs 濃度在經配水管線輸送期間沒有顯著的變化。如僅以本調查之結果，就現有台灣地區飲用水之現況，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 DBPs 的含量。此結果與一般文獻所得 HAA 濃度在配水系統會發生降解的現象不同。可能的原因有兩點，其一為各淨水場出水餘氯多維持在 0.5mg/L 以上，抑制微生物對 HAAs 之降解作用；另一原因為配水系統採樣點離淨水場較近，HAAs 濃度之變化不顯著。未來配水系統採樣對於採樣點之選取應考慮其代表性，選擇管線末端之採樣點。

表 8 本研究 HAA 方法偵測極限製作

(單位：μg/L)

待測物種	MDL 預估		MDL 確認		S_A^2/S_B^2	S_{pooled}	確定之 MDL	USEPA 之 MDL
	添加濃度	MDL	添加濃度	MDL				
MCAA	0.2	0.14	1.0	0.23	2.76	0.06	0.17	0.17
MBAA	0.2	0.04	1.0	0.10	5.00	-	0.10	0.03
DCAA	0.2	0.07	1.0	0.12	3.32	-	0.12	0.02
TCAA	0.2	0.04	1.0	0.08	3.63	-	0.08	0.02
BCAA	0.2	0.02	1.0	0.09	15.82	-	0.09	0.02
BDCAA	0.2	0.02	1.0	0.06	11.95	-	0.06	0.03
DBAA	0.2	0.02	1.0	0.07	9.30	-	0.07	0.01
DBCAA	0.2	0.01	1.0	0.05	12.97	-	0.05	0.05
TBAA	0.2	0.01	1.0	0.10	70.77	-	0.10	0.11

註： $S_A^2/S_B^2 < 3.05$ ，則計算共同標準偏差 (Pooled standard deviation, S_{pooled}): $S_{pooled} = \left[\frac{6S_A^2 + 6S_B^2}{12} \right]^{1/2}$

MDL 值： $MDL = 2.681 \times S_{pooled}$

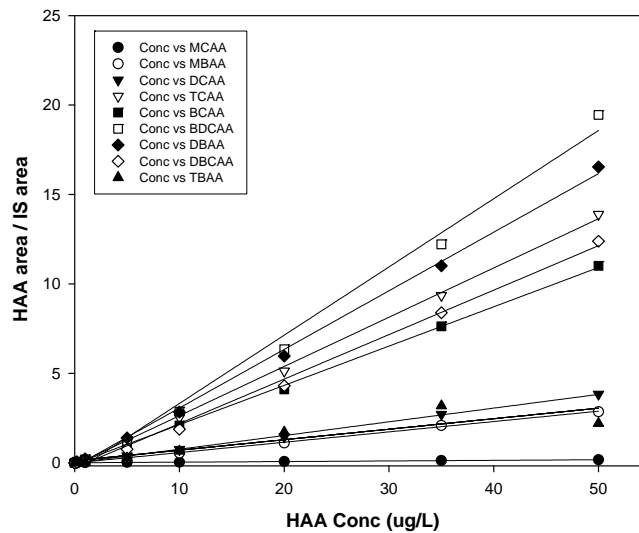
其餘之 MDL，可能介於第一次與第二次之間的濃度，故取第二次之結果作為 MDL。



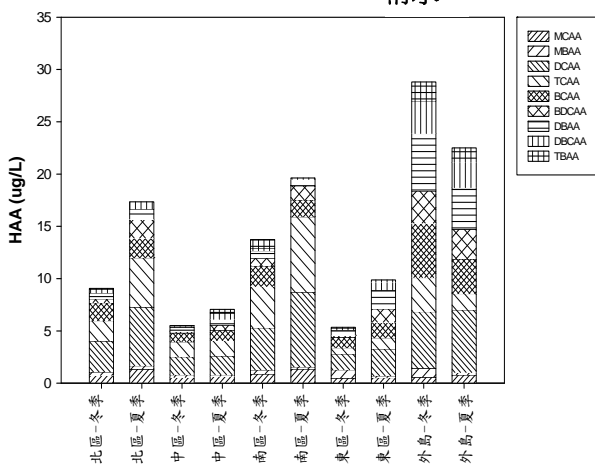
表 9 各含鹵乙酸物種之檢量線配製：樣本經濃縮處理

HAAs 物種	檢量線定量濃度範圍	回歸線模式	R-squared
MCAA	0.2-50µg/L	$y = 0.0033x + 0.0017$	0.9967
MBAA	0.2-50µg/L	$y = 0.0553x - 0.0001$	0.9998
DCAA	0.2-50µg/L	$y = 0.0763x + 0.0116$	0.9998
TCAA	0.2-50µg/L	$y = 0.2564x - 0.0203$	0.9998
BCAA	0.2-50µg/L	$y = 0.2054x + 0.0044$	0.9999
BDCAA	0.2-50µg/L	$y = 0.3180x - 0.1509$	0.9958
DBAA	0.2-50µg/L	$y = 0.2979x - 0.0527$	0.9993
DBCAA	0.2-50µg/L	$y = 0.2155x - 0.1274$	0.9929
TBAA	0.2-50µg/L	$y = 0.0848x - 0.0683$	0.9827

HAA Calibration Curves



HAA Distribution-CW 清水



HAA Distribution-DW 配水

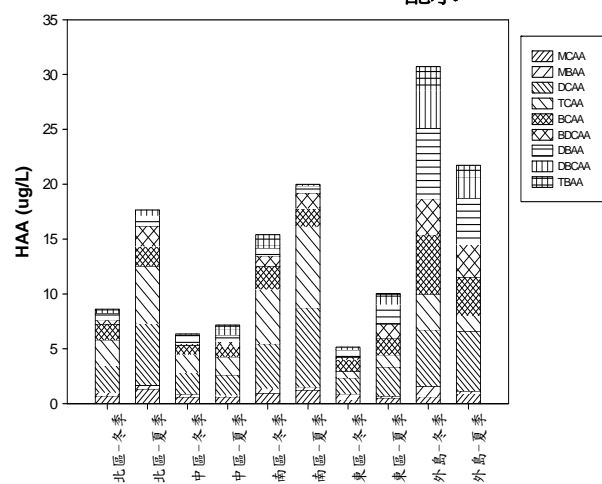


圖 2 台灣各地區飲用水中 HAAs 平均值之散佈⁽⁴³⁾

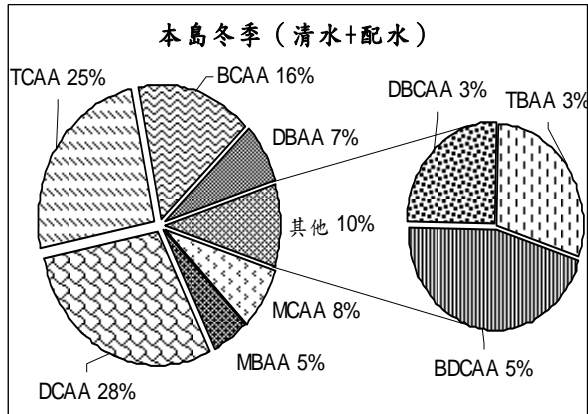
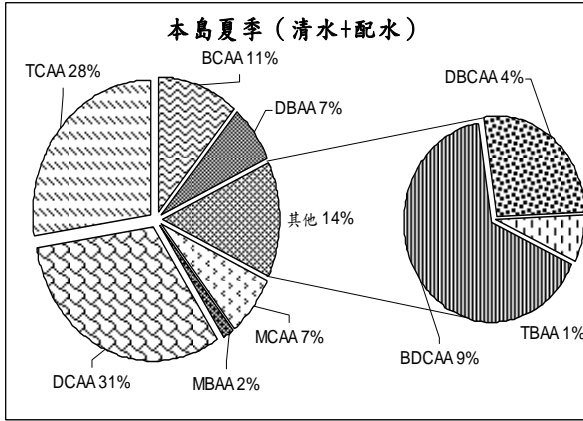


圖 3(a)台灣本島飲用水中 HAAs 之物種分佈⁽⁴³⁾

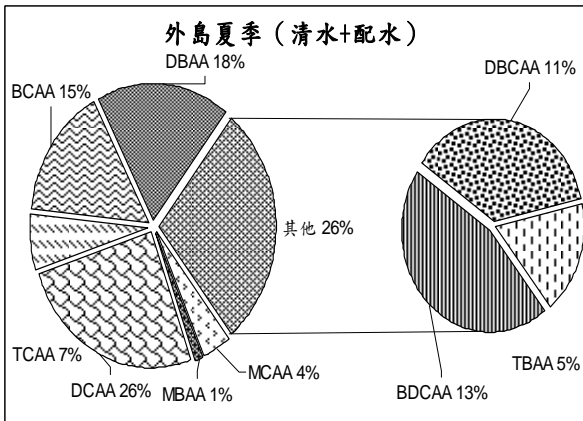
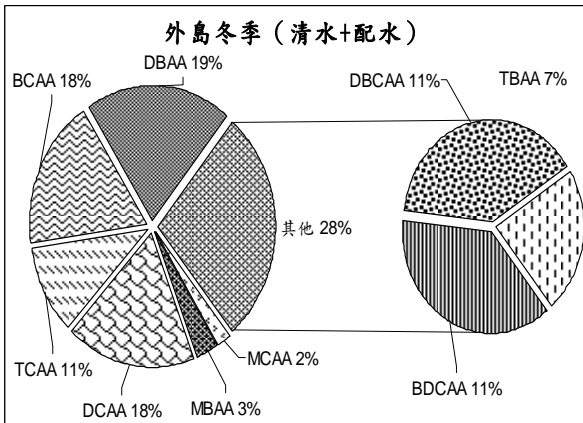


圖 3(b)台灣外島飲用水中 HAAs 之物種分佈⁽⁴³⁾

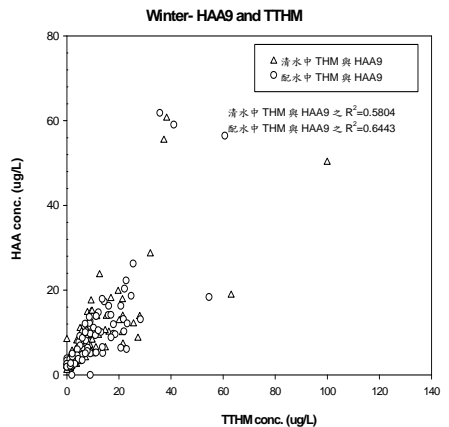
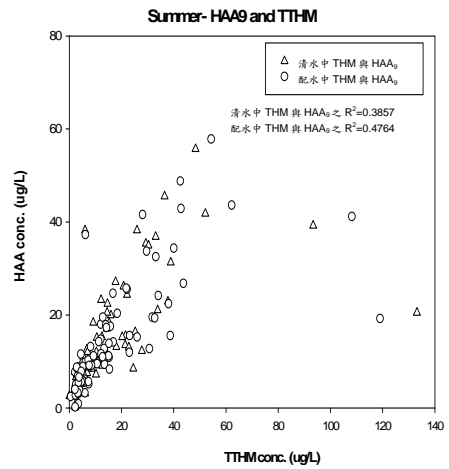
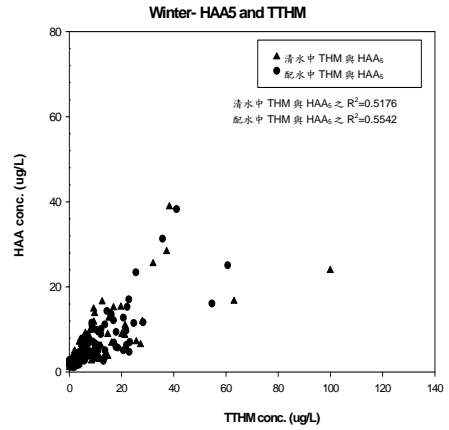
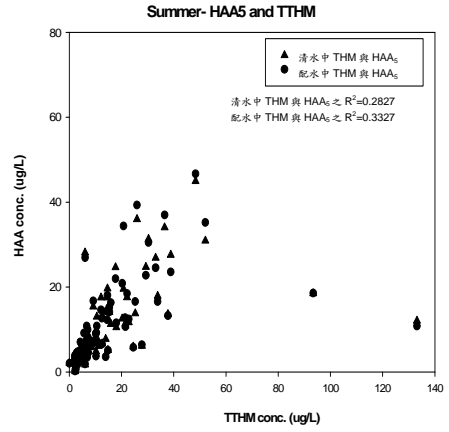


圖 4 飲用水中 TTHM 與 HAAs 之關係⁽⁴³⁾

表 10 各 DBPs 於清水或配水中濃度散佈比較

		TTHM	HAA ₅	HAA ₉
冬季	F test 檢定機率值	0.03	0.95	0.62
	T test 檢定機率值	0.74	0.67	0.74
	檢測結果是否有統計上顯著差異	無	無	無
夏季	F test 檢定機率值	0.65	0.62	0.64
	T test 檢定機率值	0.62	0.86	0.91
	檢測結果是否有統計上顯著差異	無	無	無

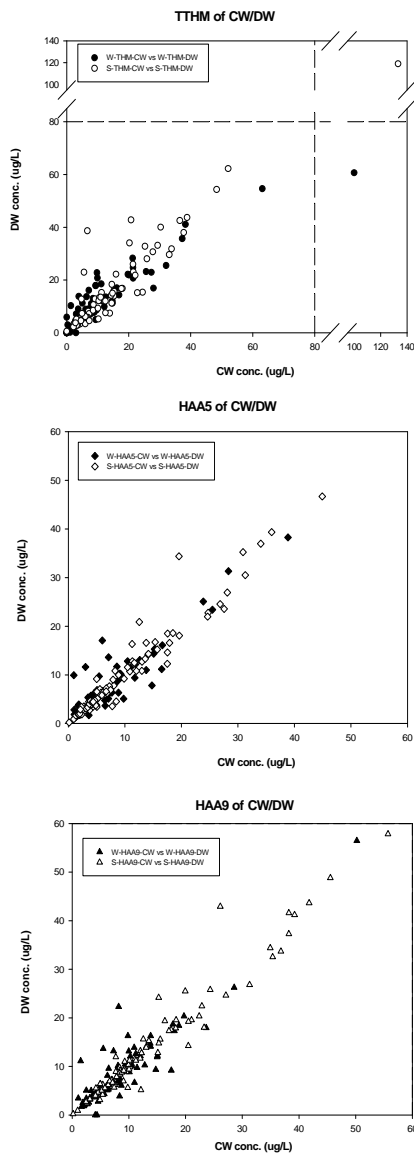


圖 5 各 DBPs 於清水或配水中濃度散佈之關係 (CW 為清水，DW 為配水)

2、淨水場全處理流程相關數據

除了清水與配水中 HAAs 的觀察外，也有文獻針對淨水場處理流程中，HAAs 的變化趨勢進行探討。張氏的研究結果顯示⁽⁴²⁾，該研究採集之主要淨水場在添加消毒劑後，HAAs 隨即生成，經過濾處理後，HAAs 的含量會隨之降低。直到清水在配送至家戶前，添加第二次消毒劑，清水中 HAAs 又會再次生成。而其中又以外島地區原水水質情況較差，且添加相對高濃度的消毒劑，在有機前質豐富的情況下，消毒副產物的生成量自然高居不下。再加上外島地區水源可能受海水入侵而鹽化的影響，原水中含有溴離子，因此，生成相對高濃度的 HAAs，約分佈在 12.7-103.1 $\mu\text{g/L}$ 之間，且 DBAA 及 BCAA 就佔了 50%以上，並出現較高比例的含溴三鹵乙酸。外島地區淨水場之水體經慢濾處理單元後，HAAs 的含量因生物降解作用大幅降低，尤其在夏季此趨勢更為明顯。

本研究在民國 96 年的採樣中⁽⁴³⁾，也分別在 3 月及 8 月針對部分淨水場進行全處理流程之採樣及分析。整體而言，在這些淨水場中 HAAs 濃度變化具有某些共同的趨勢特徵：1.前加氯出水之 HAA₉ 濃度大多較膠凝（混凝）出水為低，可能因在膠凝（混凝）處理單元中，消毒劑與原水中有機物反應時間較前加氯單元為長。2.在夏季採樣結果中，可能由於在配水系統中消毒劑持續與水中有機物作用，且 HAAs 生成作用高於管線中生物降解作用，故大部分淨水場配水中 HAAs 濃度皆略高於清水。3.夏季各淨水場之原水 HAAFP 與 NPDOC 濃度大致成正相關，且 7 天原水 HAAFP 皆高於 7 天清水 HAAFP，顯示各淨水場對 HAAs 前趨物質的處理效率良好。

另外尚可觀察到，在 A 淨水場之快濾單元中 HAA₉ 的去除效率極高，尤其在夏季，乃因其快濾池之反沖洗時間間隔較長，操作時水溫較高，且採樣時測得自由餘氯也偏低（0.06 mg/L），而可能提供了微生物良好的生長環境，推測該快濾池移除 HAAs 之效果乃因生物降解。另外，再對照 C、D 兩座位於外島淨水場的分析數據，也有快濾池移除 HAAs 的現象發生（表 11）。

根據本研究調查結果，配合國內文獻之調查結果，已可初步描繪出台灣地區飲用水中 HAAs 散佈的現況。然而如前文所述，由於目前國內外各地區所進行暴露評估及相關健康風險評估結果並不一致，針對 HAA 所管制之標準也不盡相同；加以因分析方法之差異及各地區之水源水質特性不同，故 HAAs 相關散佈資料仍較缺乏。為能符合未來飲用水水質標準中對於 HAAs 之規定，各淨水場持續進行長期監測飲用水中之 HAA₉，且配合各淨水場 HAAs 生成的變化趨勢，及其與原水水質及處理流程建立其相關性，同時針對可能不符標準時所須淨水處理技術與處理成本，進行分析與討論，確實有其必要性。

六、結論與建議

（一）、我國環保署已於民國 96 年 12 月公告以 USEPA 552.3 為基礎所建立之「水中鹵乙酸與得拉本檢測方法—液相-液相微萃取／氣相層析儀／電子捕捉偵測器法（NIEA W538.50C）」，並自 97 年 4 月 15 日實施。該法可用於 9 種含鹵乙酸之分析，並大幅減少分析所需之時間及成本，水公司檢測人員應加速瞭解並熟悉該分析方法。

（二）、台灣本島地區飲用水中 HAAs 個

別物種濃度主要分佈在 ND-24.2 μ g/L 之間，絕大部分樣本也符合 HAA₅≤60 μ g/L 之管制標準，只有少數外島地區淨水場，HAA₅ 曾超過管制標準，故針對某些可能較具風險之淨水場，應進一步瞭解其 HAAs 之生成及控制。

（三）、過去研究中，因採樣次數少、時間零散，故難以描繪清水、配水與各水質參數間之關係。未來使用同一水源之淨水場，應長期採樣並監測水中 THMs、HAAs 之生成與原水 TOC、UV₂₅₄ 間之關聯性，以建立原水中有機前質與 THMs、HAAs 生成特性之相關性。

（四）、研究結果顯示同一淨水場之 THMs 及 HAAs 具有良好之相關性，故未檢測 HAAs 時，淨水場可以分析時間及檢測成本較低之 THMs 作為 DBPs 生成之擬似指標（surrogate），並以 HAAs 之分析檢測為輔，來瞭解各淨水場消毒副產物之生成特性，並據以建立適當之管制措施。

各淨水場未來必需面對新興消毒副產物對民眾健康所造成的威脅，並可預期這些新物種的發現與瞭解，亦會對現行消毒副產物的管制、監測及淨水場操作帶來相當大的影響。故應儘速建立控制水中消毒副產物生成之淨水操作標準及其監測規定，以確保並降低台灣本島及外島地區民眾使用飲用水所暴露消毒副產物的健康風險，並面對飲用水處理及實務所面臨的挑戰。

表 11 淨水場各處理流程之 HAA₉ 濃度分佈

(單位：μg/L)

淨水場	各處理流程之 HAA ₉						7 天原水 HAAFP	7 天清水 HAAFP
	前加氯	混凝	沈澱	快濾	清水	配水		
A-3 月	5.7	49.2	16.3	8.8	9.5	11.8	91.1	59.9
-8 月	11.7	45.1	42.8	11.3	13.1	13.9	135.1	105.9
B-3 月	26.7	39.1		63.4	55.4	61.8	174.8	160.5
-8 月	37.5	48.9		53.4	55.7	57.8	266.0	133.1
C-3 月	-	45.7	59.1	61.7	50.2	56.5	410.4	321.2
-8 月	134.7	115.0	64.0	31.4	39.2	41.2	1439.1	157.4
D-3 月	24.9		23.3	1.9	12.1	12.1	400.2	224.7
-8 月	118.1		115.3	14.9	20.5	19.2	423.3	204.6

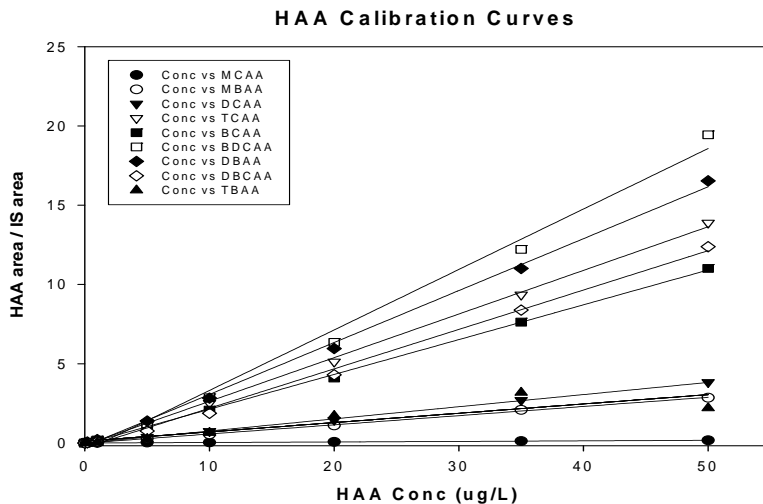


圖 6 金門某淨水場各處理流程之消毒副產物濃度分佈

參考文獻

1. Rook J.J.,1974,"Formation of haloforms during rination of natural waters.", Journal Water Treatment and Examination, 23:234-243.
2. NCI. 1976. Report on carcinogenesis bioassay of chloroform. National Cancer Institute, Bethesda, Maryland.
3. Bull, R. J. and F. C. Kopfler, 1991, Health Effects of Disinfectants and Disinfection By-products. Denver, CO: American Water Works Association Research Foundation.
4. Urbansky E.T., 2000, "Techniques and methods for the determination of haloacetic acids in potable water.", Journal of Environmental, Monitoring 2:285-291.
5. Pereira M.A., Li K., Kramer P.M.,1997, "Promotion by mixtures of dichloroacetic acid and trichloroacetic acid of N-methyl-N-nitrosourea-initiated cancer in the liver of female B6C3F1 mice." Cancer Letters, 15(1) 15-23
6. Stacpoole P.W.,1989, "The pharmacology of dichloroacetate. " Metabolism: Clinical & Experimental, 38(11):1124-1144.
7. Giller S., Le C.F., Erb F. and Marzin D., 1997," Comparative genotoxicity of halogenated acetic acids found in drinking water." Mutagenesis, 12(5):321-328.
8. Keith W.W., Ellen H.R., Hunter E.S.,2000, "Comparative pathogenesis of haloacetic acid and

- protein Kinase inhibitor embryotoxicity in mouse whole embryo culture.” *Toxicological Sciences*, 53(1):118-126.
9. Johnson P.D., Dawson B.V., Goldberg S.J 1998, “Cardiac teratogenicity of trichloro -ethylene metabolites.” *Journal of the American College of Cardiology*, 32(2) 540-545.
 10. Smith M.K., Randall J.L., Read E.J. and Stober J.A.,1989, “Teratogenic activity of trichloroacetic acid in the rat.” *Teratology*, 40 (5):445-451.
 11. Smith M.K., Randall J.L., Read E.J., Stober J.A., 1992, “Developmental toxicity of dichloroacetate in the rat.” *Teratology*, 46 (3): 217-223.
 12. Toth G.P., Kelty K.C., George E.L., Read E.J., Smith M.K.,1992, “Adverse male reproductive effects following subchronic exposure of rats to sodium dichloroacetate.” *Fundamental & Applied Toxicology*, 19(1) 57-63.
 13. Linder R.E., Klinefelter G.R., Strader L.F., Suarez J.D., Dyer C.J.,1994 “Acute spermatogenic effects of bromoacetic acids.” *Fundamental & Applied Toxicology*, 22(3): 422-430.
 14. Leuesque S., Rodriguez M.J., Serodes J., Beaulieu C., Proulx F., 2006, “Effects of indoor drinking water handling on trihalomethanes and haloacetic acids.” *Water research*, 40(15) : 2921-2930.
 15. Singer, P. C., 1993, “Examining the Impact of Aquifer Storage and Recovery on DBPs”, *Journal American Water Works Association*, 85(11):85-94.
 16. Williams, S. L., 1995, “Degradation of Haloacetic acids at Maximum Residence Time Locations”, *Proc. 1995 AWWA WQTC*, New Orleans, LA.
 17. Williams, S. L., 1996, “The Impact of Bacterial Degradation of Haloacetic Acids in the Distribution System”, *Proc. 1996 AWWA WQTC*, Boston, MA.
 18. McRae, B. M., T. M. LaPara and R. M. Hozalski, 2004, “Biodegradation of Haloacetic Acids by Bacterial Enrichment Cultures”, *Chemosphere*, 55:915-925.
 19. Zhang, X. J., 1998, “Adsorption Characteristics of Haloacetic Acids by Activated Carbon in Drinking Water Treatment”, in *Water and Wastewater Industry and Sustainable Development* (Y. Qian et al., editors), Tsinghua Univ. Beijing.
 20. Zhou, H. J. and Y. F. Xie, 2002a, “Using BAC for HAA Removal Part 1: Batch Study”, *Journal American Water Works Association*, 94(4): 194-200.
 21. Zhou, H. J. and Y. F. Xie, 2002b, “Using BAC for HAA Removal Part 2: Column Study”, *Journal American Water Works Association*, 94(5):126-134.
 22. 張哲誠, 2001, 台灣地區飲用水中致癌性化合物暴露之評估及其與癌症死亡率相關性之探討, 私立中山醫學院毒理學研究所碩士論文。
 23. Wu, W. W., M. M. Benjamin and G. V. Korshin, 2001, “Effects of thermal treatment on halogenated disinfection by-products in drinking water”, *Water Research*, 35:3545-3550.
 24. Hozalski, R. M., L. Zhang and W. A. Arnold, 2001, “Reduction of haloacetic acids by Fe-0: Implications for treatment and fate”, *Environmental Science & Technology*, 35:2258-2263.
 25. Vanderploeg, J., G. Vanhall, and D.B. Janssen, 1991, “Characterization of the Haloacid Dehalogenase from *Xanthobacter Autotrophicus* GJ10 and Sequencing of the *Dhlb* Gene.” *Journal of Bacteriology*, 173 (24):7925-7933.
 26. Uchiyama H, Nakajima T, Yagi O, Nakahara T, 1992, “Role of Heterotrophic Bacteria in Complete Mineralization of Trichloroethylene by *Methylocystis* Sp Strain-M.” *Applied and Environmental Microbiology*, 58(9): 3067-3071.
 27. Castro CE, OShea SK, Wang W, Bartnicki EW., 1996, “Biodehalogenation: Oxidative and hydrolytic pathways in the transformations of acetonitrile, chloroacetone, chloroacetic acid, and chloroacetamide by *Methylosinus trichosporium* OB -3b.”, *Environmental Science & Technology*, 30(4):1180-1184.
 28. Hashimoto, S., T. Azuma, and A. Otsuki 1998, “Distribution, sources, and stability of haloacetic acids in Tokyo Bay, Japan.”, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17(5):798-805.
 29. Muller SR, Zweifel HR, Kinnison DJ, Jacobsen JA, Meier MA, Ulrich MM, Schwarzenbach RP,1996, “Occurrence, sources, and fate of



- trichloroacetic acid in Swiss waters.” Environmental Toxicology and Chemistry, 15(9):1470-1478.
30. Chen, W.J. and C.P. Weisel, 1998, “Halo-genated DBP concentrations in a distribution system.” Journal American Water Works Association, 90(4):151-163.
31. Speight, V.L. and P.C. Singer, 2005, Association between residual chlorine loss and HAA reduction in distribution systems.”, Journal American Water Works Association, 97(2):82-91.
32. Baribeau H, Krasner SW, Chinn R, Singer PC, 2005, “Impact of biomass on the stability of HAAs and THMs in a simulated distribution system.”, Journal American Water Works Association, 97(2):69-81.
33. Robert M.G., Singern P.C. and Obolensky A., 2002, “Comparing total HAA and total THM concentrations using ICR data”, Journal American Water Works Association, 94(1) 103- 114.
34. Speight, V. L.; Singer, P. C., 2005, “Association between residual chlorine loss and HAA reduction in distribution systems”, Journal American Water Works Association, 97 (2): 82- 91.
35. David, T.W., L. L. Guy and M. B. Frank, 1997, “Disinfection by-products in Canadian drinking water”. Chemosphere, 34:2993-16
36. Nissinen T. K., I. Y. Miettinen, P. J. Martikainen and T. Vartiainen., 2002, “Disinfection by-products in Finnish drinking waters”, Chemosphere, 48:9-20.
37. Villanueva C.M., Kogevinas M. and Grimalt J.O., 2003, “Haloacetic acids and trihalomethanes in fished drinking waters from heterogeneous sources.”, Water Research, 37:953-958.
38. 蔣本基, 1997, 飲用水消毒副產物調查及處理技術之評估, 行政院環保署委託計畫, EPA-86-E3J1-09-01。
39. 許正元, 2000, 台灣地區飲用水中鹵乙酸氯化消毒副產物分析方法及調查之研究, 行政院環保署環境檢驗所研究調查報告。
40. 蔣本基, 2000, 水源鹽化對加氯消毒副產物生成之影響與改善對策之研究, 行政院環保署委託計畫, EPA-89-U1J1-03-003。
41. 蔣本基, 2003, 飲用水水質標準中生物性及適飲性標準管制項目及標準之評估, EPA-92-J105-02-101。
42. 張慧嫻, 2004, 台灣地區飲用水中含鹵乙酸之分析與流佈調查, 國立台灣大學公共衛生學院環境衛生研究所碩士論文。
43. 王根樹, 童心欣, 2007, 水公司各淨水廠清水、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, 台灣自來水公司期末報告。

作者簡介：

張慧嫻小姐

現職：國立台灣大學環境衛生學研究所博士生

專長：環境衛生

童心欣小姐

現職：國立台灣大學環境工程學研究所助理教授

專長：環境生物技術、水處理、環境微生物

趙哲基先生

現職：國立台灣大學環境工程研究生

專長：水質處理技術

王根樹先生

現職：國立台灣大學環境衛生學研究所教授

專長：環境工程、公共衛生

淺談水庫再生計畫

文/謝發清

一、前言

昔稱「陽光、空氣、水」為人類生存之三件寶，取之不盡，用之不竭，但隨著人類之有增無減，工商發達，科技進步，用水量急速增加，水不再是取之不盡，用之不竭的寶物。臺灣地區雖位處亞熱地區之海島，降雨量豐富，雨量雖多，但豐枯水期降雨量分配並不均勻，尤其南部地區百分之九十的雨量均集中在豐水期，加之島嶼地形南北長東西窄，大部份河川均東西流向，導致河川發源地至出海口之距離不長，落差甚大，故各河川之集水面積不大，且坡陡流急，獨流入海，颱風暴雨時，山洪暴發，雨水挾帶大量泥沙奔流而下，流入河川及水庫、攔河堰甚至海洋，豐水期每逢豪雨山洪暴發，造成水災，嚴重影響人民的生活及無法估計的財產損失，一遇枯旱則缺水嚴重，赤地遍野。

二、水庫的興建與淤積

自二十世紀初葉起，為解決豐枯水期的洪水及枯旱之災，起而興建水庫以蓄洪濟枯，提高各河流之天然流量利用率，以提供人類的生活用水及工商生產用水，可以說沒有水的利用就無人類的生存及工商產業的生產，水的治理如做得好則有利於人類的生存與活動，工商產業、各行各業均可欣欣向榮，全面帶動經濟繁榮，若治理不當則為害亦巨，影響極為深遠，如某些低窪地區，每遇颱風必淹水，民不聊生，年復一年，區域內迄目前較大的水庫有霧社水庫(完工時總容

量 1.50 億立方公尺、有效容量 1.46 億立方公尺、民國 94 年量測有效容量 0.7428 億立方公尺)、日月潭水庫(完工時總容量 1.7162 億立方公尺、有效容量 1.511 億立方公尺、94 年量測有效容量 1.2907 億立方公尺)、石門水庫(完工時總容量 3.09 億立方公尺、有效容量 2.5188 億立方公尺、94 年量測 2.1888 億立方公尺)、翡翠水庫(完工時總容量 4.06 億立方公尺、有效容量 3.59 億立方公尺、94 年量測 3.3622 億立方公尺)、德基水庫(完工時總容量 2.6221 億立方公尺、有效容量 1.82 億立方公尺、94 年量測 1.7093 億立方公尺)、鯉魚潭水庫(完工時容量 1.2607 億立方公尺、有效容量 1.1987 立方公尺、94 年量測 1,167 億立方公尺)、曾文水庫(完工時總容量 7.127 億立方公尺、有效容量 5.985 億立方公尺、94 年量測 5.95 億立方公尺)、南化水庫(完工時總容量 1.5541 億立方公尺、有效容量 1.4433 億立方公尺、94 年量測 1.3245 億立方公尺)、烏山頭水庫(完工時容量 1.6883 億立方公尺、有效容量 1.5416 億立方公尺、94 年量測 0.8085 億立方公尺)等。自上述各水庫興建完成迄今，人民的生活水準提高，經濟繁榮，更創造過經濟奇績。

三、水土保持的重要性

水庫雖可蓄洪濟枯以增進造福人類的生存與發展，但是興建水庫不但動輒耗資數百億，但更重要的是要有適合興建水庫的壩址，目前臺灣地區適合興建水庫的壩址相當



有限，而現有水庫的有效容量又日漸減少，如霧社水庫 0.7572 億立方公尺、烏山頭水庫 0.8798 億立方公尺，均已淤積過半，石門水庫也已淤積 0.9024 億立方公尺，其他各水庫也有相當的淤積量。除礦泉水外，水中總難免含有雜質，給予適當的時間、空間就會沈澱，水庫中的沈澱泥沙來自上游集水區的流出物，土石崩塌，尤其土石流及過度開發的廢棄物，為減少上游的流出泥沙，就須徹底辦好水土保持，確實控制開發，大量植栽有水土保持功效的樹木，減少泥沙流出，水土保持辦得好，土石流會被有效控制，減少水庫淤積，森林茂盛，土壤涵養水分能力增強，降雨逕流不致急速流失，山洪暴發機率減少？下游地區淹水程度減輕，人民財產損失減少，枯水期枯水流量增加，洪枯流量不致明顯懸殊，可提高水資源運用率，有助人民的生活，促進工商業發展增加國家的財富，經深入了解比較大漢溪石門水庫上游河川暴雨期的原水濁度及三峽河同一地區同時間的原水濁度，石門水庫上游確實高出許多，此乃三峽河上游開發度較低所致，可知水土保持對防淤確有功效，極具重要性，建請政府高層多加重視；如不設法改善，恐數百年後，人民賴以維生的水不知在何處，以石門水庫為例，目前已淤積達九千萬立方公尺的容量，如無法澈底改善，百年後已無有效容量，則依石門水庫生存的各行各業均將面臨嚴重的考驗，目前該水庫所採用的大排砂，雖可減緩淤積的速度，但水庫游積是全面性的，大排砂可排除如河流的主流渠部份的砂，其兩旁的砂則不易排除，一如河流主流渠兩旁的高灘地一般，清淤雖也可採抽取方式辦

理，但大型水庫深度常在五十公尺以上，深水抽泥效果並不佳，大量清淤實難採用。

四、清淤的相關策略

人類的生命無窮盡，水庫的壽命則相當有限，而欲興建新水庫又因庫址難求，居民的反對聲浪有增無減，興建的困難度極高，人類不能無水而生存，故只有設法將現有水庫再生，以恢復原有功能，但水庫再生與常態使用常相抵觸，故為使水庫能再生又能常態使用必須經過一些工程及營運操作手法方克有成，茲以狀況最為急迫的大漢溪石門水庫為例，石門水庫係桃園地區人民生活及農工商所依存的命脈，若不設法改善而繼續依目前的淤積速度，則不久將來石門水庫有效庫容將日漸消失，而產生嚴重後果，但若在石門水庫上游再興建一座大型水庫，如研議中的高臺水庫或將現有榮華攔砂壩改建為大型水庫，兩座水庫串聯運作，豐水期兩座水庫均予蓄水，枯水期則將已淤積嚴重的石門水庫先執行清淤工作，採用挖除方式可能無法避免，枯水期水量只出不蓄，以降低水位，俾便挖除，由於豐枯水年之發生時序難事先預知，故委託作業應採期程較長之開放式合約，如五~八年為期或更長，待石門水庫清淤完成，再辦理高臺水庫的清淤工作，如此交互辦理水庫清淤就可完成水庫的再生，清淤工作事先須辦理詳實相關規劃工作。翡翠水庫與大漢溪只一水之隔，可在石門水庫與高臺水庫間擇一合適地點開鑿一隧道至新店溪之南勢溪適當地點，以供應臺北市自來水系統所需之原水(翡翠水庫為臺北自來水系統之單一水源，就水源立場而言也宜設立該隧道作為備援設備)，則翡翠水庫亦可辦理水庫

再生工作。翡翠水庫因新店溪上游水土保持工作進行較早且執行機關較完備，故該水庫淤積問題較輕，但水庫再生工程仍需視需要適時進行，地區內其他各水庫則視水庫間相對位置做適當的組合，如霧社水庫與日月潭水庫、湖山水庫合為一水庫再生組合，則不但對臺灣電力公司有很大的助益，因清淤後所增加的庫容可增加蓄存可觀的水量，對臺塑六輕廠及自來水公司之林內淨水場均可有很大的貢獻，曾文水庫與烏山頭水庫、南化水庫等三座水庫組成一組，優先辦理烏山頭水庫使其容量恢復完工當時之一億六千八百萬立方公尺，再進行曾文水庫或南化水庫之清淤工作，明德水庫可與大埔水庫或永和山水庫組成一組。為進行上述工作必須一事先有完整而研究妥善的規劃，提出合理而可行的工程方案與優先秩序，以期全省各水庫均能再生，以充分供應人民生活用水所需及各行各業所需之水量，達成水資源永續經營的目標。

水庫再生工作中，另一困擾的問題就是清除出來的泥砂，其出路如何，因其數量龐大，尋廢棄填土場並不容易，最好能做成建築再生材料出售以回收資金降低水庫再生成本，或燒成道路鋪磚，或進行改良後仍提供農業生產之用，甚至在海邊築堤填海造地築港，總之希望能集思廣益研擬出可行方案，以解決人類生存所需之清淨水源，更希望學術界及政府高層能重視之。水庫再生過程中，由於供水之水源作了時間性的調整，為期在各種情形下均能提供充分的水量以滿足人民的生活及各行各業生產所需的水量，公共給水之自來水系統均需配合水庫再生計畫

調整相關設備，尤其原水輸送系統及相關之清水送配水系統。

五、海水淡化可否替代

海水淡化系統是否可作為替代計畫值得深入探討，迄目前為止，國內海淡場使用並不普遍，僅澎湖使用較多，其成本單淨水部份較大的場(約 5000~10000CMD)約在 30~40 元之間，較小的場(約 1000CMD)約在 60~70 元之間，1000CMD 以下者甚至高達百元。海淡場多在海岸附近，故高程很低，而用戶大都在平原或丘陵上，高程則較高，其抽水操作成本相當高，又由海邊往已經高度都市化的較高地區埋設大口徑送水管線，執行上也有相當困難，尤其未來是高能源的時代，故海水淡化，除地居海邊之低地區外普遍採用的可能性實難樂觀。

六、結語

水庫再生工程為一極為艱鉅的工程，若不設法克服困難，則總有一天會所有的水庫都淤滿而恢復原始的天然河川，則人類不但無水可賴以生存亦很難再從事各種生產事業，缺水、缺能源將是未來人類生存必面臨的困境，但若及時研發相關的技術，努力解決困難，執行有方，終可達成水資源永續經營的目標。國內目前較為急迫的水資源工程首推大漢溪的水源量不足，若及時興建高臺水庫或將榮華攔砂壩改建為大型水庫，則可增加數億立方公尺的蓄存量，運用量可增加更多，颱風暴雨時減少同數量的洩洪量，大大減少臺北盆地的淹水機會，未來視需要時



再適時辦理大漢溪系統的水庫再生工作及淡水河系統(加入翡翠水庫)的水庫再生工作,則北部地區的水源量大為增加,水資源利用率提升。目前中部地區的水資源如臺塑六輕廠及臺水公司林內淨水場亦甚感水源量不足,執行中的湖山水庫應克服困難早日完成出水以供應所需,必要時再與霧社水庫、日月潭水庫組成濁水溪水系的水庫再生組,枯水期水源量可大幅提高約一、二億立方公尺,將可提升該水系的水資源使用率,則濁水溪流流域的水資源運用量應可確保所需。曾文溪的烏山頭水庫、曾文水庫、南化水庫可組合為一再生系統,優先辦理烏山頭水庫清淤工程,再辦理南化水庫或曾文水庫之清淤工程,須清除之淤泥數量在億萬立方公尺以上,也就是可增加之蓄水量(運用量)當在億萬立方公尺以上,同時颱風暴雨時可減少同數量之排洪量,大可降低下游地區之淹水機會,增加人民之福祉,其他水系及小型水庫視實際情形做適當的組合,國內現有水庫均有特定功能分屬不同標的,由不同單位管理,且有地理上分隔甚遠之限制,各標的對其所屬之水庫依賴已深,不可一日或缺,必須依賴政府強力介入指導協商,研擬具體詳細的配套措施以利實施,筆者更期待能有智者研提更佳策略,俾供水資源的永續經營。

水土保持工作必須積極進行,此工作做得好,不但可延長水庫的壽命,也可降低淤泥清除量及工程成本,豐枯水期的天然流量變化將趨緩(可由豐水期的可能最大洪水量

PMF 分析得到證實),枯水期逕流量增加大有助益於運用量的增加,豐水期逕流量減少可減少洩洪量及下游淹水的機會、水中濁度降低可減少水庫淤積量及方便淨水處理及自來水停水機會,降低社會成本。又各河流中為取水用之攔河堰亦大都淤積嚴重,失去蓄水調節功能,但亦有特例如大漢溪之鳶山堰,不但容量未見減少反增加許多,必有其特殊原因,宜就其地形、地質、水流水理特性及操作方式以最新之二維水理分析法探討其相關特性,以供選擇堰址之參考。

參考文獻

- 1.臺灣地區水資源史,臺灣省文獻委員會(2001)
- 2.臺灣地區民國 94 年蓄水設施水量營運統計報告,水利署(2005)
- 3.成大研究發展基金會「高屏堰穩定取水計畫策略檢討分析自來水公司因應高濁度策略檢討分析」,水利署南區水資源局(2006)
- 4.雲嘉南高地區水資源聯合運用及跨區域管線水力分析,臺灣省自來水公司(1998)
- 5.成大研究發展基金會「通用性區域水資源調度與供需分析模式建立」,水利署水利規劃試驗所(2004)

作者簡介

謝發清先生

現職：台灣自來水公司副總工程師退休

專長：水資源管理、自來水工程

從工程防災查核案例初探提昇減災成效

文/鄭錦澤

一、前言

自來水為民生必需品，有賴於相關工程做基石，為基礎建設不可或缺之一環。以往工程較著重在機能、預算、進度及品質；惟近年來台灣地區發生多起災害，造成重大的生命財產損失，使國人對於工程防災的必要性再度予以重視；而如何透過瞭解災變案例發生機制及原理，監測系統的運作與資料管理等，作防災考量與預防措施，相當重要。另由近年之統計資料顯示，職災殘廢人數雖有逐漸下降趨勢，然而在 94 年職災死亡人數有大幅攀升現象，進一步探討職災死亡原因依序為墜落滾落、物體倒塌崩塌及被夾被捲等，其中墜落及滾落最多，高佔 41.4%。另由職災資料顯示，一些特定類型災害重複的發生，如墜落滾落、物體倒塌或崩塌、以及被夾或被捲等案件，歷年來均居高不下，或因相關產業、工程界及勞工團體間欠缺防災交流平台，或因經驗無法分享，或因未能記取教訓，致使類似災害一再發生。因此，減災工作的推動仍有努力空間。基此，自 95 年相關機關積極推動工程防災工作，本文希望由風險管理引入，藉由案例探討工程防災及實際查核經驗，以提供自來水從業人員及相關工程人員實務及知識管理參考。

二、背景

現代風險管理的應用範圍極廣，常運用在工業安全、生命及財產的保險、財務管理等領域，但公務機關導入風險管理卻是遲至近十餘年的事。惟早期政府風險管理的應用，常侷限在政府的準私人行為，諸如國有

財產運用的保險、國家賠償制度下的過失行為保險等。其後先進國家陸續推動行政機關風險管理，此一觀念及作法才普及開來。風險管理在政府機關的應用會如此的遲緩，主要是因為政府機關推動風險管理，並不是毫無困難而可以輕易的水到渠成的，探究主要的原因有以下兩項：1.政府機關不是商業組織，不以營利為目的，和風險管理的策略目標—「提高公司的價值」，在應用的時候有本質上的差異。2.政府機關的組織價值和政策目標，在量化的評估和衡量上有實際的困難。因為政府施政目標有極長期的意涵，常見的「永續」等政府價值，然而在工業及財務等領域的風險管理技術上常難以處理。其次，政府行政作為的重復性極低（政策制定機關尤其如此），既然沒有「分母」，當然就很難評估機率；如沒有前例，就不容易評估危害的程度。所以，行政機關要推動風險管理，必須克服許多技術和觀念上的問題。針對以上兩項政府機關推動風險管理的困境，拜社會科學研究方法的進步之賜，其目標的建構和評量的技術已有適宜的解決之道。

基此，94 年 6 月 8 日行政院第 2943 次院會院長提示：「行政機關推動整合性風險管理在國內係屬首創……，希望各機關能重視並積極配合辦理，並內化成為機關文化的一部分。尤其現在民意高漲、媒體發達，各機關如能重視風險管理及危機處理，將會減少人民的焦慮及不信任感」。為培養行政院所屬各機關風險管理意識，促使各機關清楚瞭解與管理施政之主要風險，以形塑風險管理文

化，提升風險管理能量，有效降低風險發生之可能性，並減少或避免風險之損害，以助達成組織目標，提升施政績效與民眾滿意度。自 94 年 8 月 8 日行政院於訂頒「行政機關風險管理推動方案」後，正式在政府行政部門導入風險管理機制。

工安事故不僅造成勞工傷亡及其家庭生活頓挫，亦造成社會沉重負擔及巨大經濟損失，以美國為例，其於一九七〇年實施職業安全衛生法（Occupational Safety and Health Act），也是全世界第一個實施職業安全衛生法的國家。2002 年美國全國計雖然比 2001 年下降百分之 6.6，惟仍有 5,524 名勞工死亡。職業災害致死的意外事件，計為每 100,000 名勞工發生 4 名勞工死亡的比率。以國內而言，雖然在 90 年至 93 年相關機關推動 4 年降災中程計畫，於 4 年內達成減少職災死亡人數 40% 的目標，使全產業職災死亡百萬人率由 89 年的 77 下降至 93 年的 44 人，但是比起英、日等工業先進國家，我國職災死亡率仍然高出甚多。以英國為例，93 年每百萬勞工僅有 7 人死亡，而我國同年每百萬勞工則有 44 人死亡，顯示我國在職場減災工作的推動上仍有努力空間。

另外，根據以往的統計，以 93 年國內適用安衛法事業職災計死亡 308 人，殘廢 3,338 人，二者共計 3,646 人。其中發生死亡災害人數最多的行業依次是營造業(51%)、製造業(31.2%)、水電燃氣業(5.2%)及運輸倉儲通信業(3.6%)。而發生殘廢災害最多者依次為製造業(66.9%)、營造業(16.7%)及運輸倉儲通信業(4.4%)。故就死亡或殘廢職災而言，製造業及營造業二者合計即佔八成以上。另依災害類型來分，發生死亡頻率最高者依次為墜

落滾落(42.2%)、感電(12.7%)、物體倒塌崩塌(11.4%)、被捲被夾(9.1%)、被撞(5.5%)及物體飛落(5.5%)。而殘廢頻率最高者依次是被捲被夾(67.3%)、墜落滾落(6.6%)及被刺割擦傷(5.8%)。進一步分析顯示，中央及地方政府部門之公共工程與公營事業工作場所職災計有 152 人罹災死亡（佔 49%），其中以經濟部及交通部所屬事業或公共工程發生重大職災件數最高，計有 85 人罹災死亡（佔中央政府 64%）。

從災害死亡情形及危害度來說，工程及營造業尤須加強風險管理；由於工程及營造業作業期程短，高處作業多、多層承攬與勞工高流動性等特性，相較於其他行業，無論在安全衛生管理、人員安全衛生習性、作業安全防護等各方面皆較其他行業來的複雜而難以控制。而統計資料顯示職業災害的發生，導因於不安全行為則遠高於不安全設備及環境，在工業先進國家，甚至於我國，目前勞工安全衛生的成效正遭遇亟需突破瓶頸的階段，此一關卡具體反應在職災率無法進一步降低。從另一個角度解析此一現象，除了增進目前工程營造相關的安全衛生科技及安全管理外，有必要針對工程營造業勞工的安全行為予以重新認知及了解，方足以再進一步降低職業災害。

鑒於工程營造業職災率為全產業之冠，且其作業之高危險性及作業勞工的高流動性，因此從事該業勞工的不安全行為確有重視的必要，而欲進行勞工不安全行為的統計分析，首先即要建立不安全行為的分類，國外一般對不安全行為都有分類及編碼，如美國國家標準局的 ANSI Z 16.2-1962(R1969)，即對不安全行為有詳細的編碼及分類，另

Suraji、Duff 及 Peckitt(12)等人亦曾針對英國發生的 500 件營造業職災進行分析，並歸納出比較主要的不安全行爲，其中主要以(1)不當或不充分使用個人安全防護具、(2)未依照指示、(3)不小心、(4)未依照標準作業程序、(5)工作位置不當、(6)判斷錯誤、低估或過度自信等六項爲比較主要的不安全行爲。分析其中比重分別爲：(1)勞工未使用個人安全防護具佔 34.9%、(2)使安全裝置失效佔 15.3%、(3)不當操作設備佔 14.8%、(4)不安全的位置或姿勢佔 10%、(5)未遵循安全及警告措施佔 9.5%，以上行爲佔所有不安全行爲的 84.5%。

爲落實行政院訂頒「行政機關風險管理推動方案」，勞委會擬定全國職場 222 減災方案，提報 95 年 1 月 11 日行政院第 2974 次院會通過施行，惟爲遵照 總統指示在 2 年內將職業災害死亡及傷殘比率減少 30%，遂將全國職場 222 減災方案修正爲全國職場 233 減災方案，亦即 2 年內（95 年至 96 年）職災死亡百萬人率及殘廢百萬人率較前 2 年之平均值各減少 30%，作爲全國職場減災努力目標。爲因應 233 減災方案之調整，主管機關在原 222 減災方案之基礎上，檢討精進減災策略及資源調配，並透過協調跨部會共同減災、提升防災執行力、促進防災夥伴合作關係、建構職場防災改善輔導機制、強化防災宣導行銷、擴大職場防災教育訓練、健全職場防災法規及制度等 7 大策略，掌握高風險對象，發揮減災最大效能。

三、工程防災實務探討

自人類存在於地球以來，爲解決民生各種相關的問題，便有各項工程的施行，有工程則有災變；雖然科技不斷進步，工法不斷改進，依然無法避免災變的發生；這些人爲

不當的災變即爲工程防災的對象。如何在災害中發現災變原因並設法加以改善，減少與杜絕災變!也是身爲工程人員對社會應負的使命!災變原因之探討包括：決策不當、規劃不良(設計不善)、施工不良、管理無方(不當使用、不知維護、有責無權)、維修不力(欠缺專業、漏編預算)、法令不周(朝令夕改、疊床架屋)、執法不嚴(徒法不足以自行)，都可能造成災變的發生。

防災對策與建立常須研修法令、嚴懲不法、尊重專業，落實技師簽證、提昇技師公會之法律位階、確定管制模式、建立完備資料庫、推動工程保險、建立防災救災體系等，以防範災變於未來。人類對科技的自我期許，常謂人定勝天；而工程防災則必須體會「天地人」的配合與「人要順天」的哲理；只要以專業爲本，共同關注，理智面對問題，避免投機取巧，無私無我，那麼締造安全有品質且經濟的工程成果，絕對是可預期地。相關勞安主管機關爲推動工程防災事宜，基於以往執行案例與經驗，乃優先針對安全衛生管理制度與安全衛生設施辦理情形兩方向先著手重點進行，前者重點在相關文書作業作爲、後者重點在相關設施及行爲，其權重配比爲 3：7，分別就相關重點工作項目說明如后；另配合實際查核，以提昇整體工程防災成效。

(一)、安全衛生管理制度

從相關勞工安全調查分析所獲結論均顯示，由於工程營造等施工之特性，諸如危害隨工程進行而變化，受天候、地質等客觀條件影響大，且主觀上常層層轉包或分包的經營型態等，導致事前安全衛生考量不周全、施工安全管理難以落實等。因此，相關事業

單位推動安全衛生工作，常常採取頭痛醫頭、腳痛醫腳的作法。有時便宜行事，當發現一個危害才予處理，甚或不予處理。此為該業災害率偏高之最主要原因。基此，在 233 減災方案希望相關工程防災作為參採工程品質作法，以三級管理的精神分工合作並行，希望工程主辦機關、監造單位及廠商，能積極辦理推動安全衛生管理制度，以提昇實際成效。相關重點工作項目說明如后：

- 1、工程主辦機關（或專案管理廠商或受委託設計廠商）主要在工程設計發包階段應就契約規定、假設工程安全圖說、費用量化編列及驗收計價、稽查機制、管理措施及缺失矯正及相關加強作業要點等強化辦理；詳細內容如后：（1）契約有關監造單位、廠商施工安全衛生之責任及重點項目之檢查程序及檢驗標準之規定。（2）確認施工架、施工構台、擋土支撐、模板支撐、隧道、坑道支撐及橋樑工程採支撐先進工法、懸臂工法等工程，由廠商委託專人依結構力學原理妥為設計，並繪製組立圖、施工圖說之辦理情形。（3）安全衛生費用量化編列及驗收計價之情形。（4）施工安全衛生稽查機制、管理措施及缺失矯正之處理。（5）依據加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點之辦理情形。
- 2、監造單位（或受委託監造單位）主要在工程履約執行階段應就安全衛生監造作為及查核、相關查驗點的設定、缺失查核情形及相關矯正及相關加強作業要點等強化辦理；詳細內容如后：（1）依契約所定安全衛生事項及施工安全圖說之監造情形。（2）監造計畫所定執行施工安全衛生監督與查核作業，並就施工程序設定安全

衛生查驗點情形。（3）安全衛生設備及措施之缺失查核情形及相關矯正措施。（4）依據加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點之辦理情形。

- 3、廠商主要在工程履約執行階段應就相關勞安衛規定辦理事項確實進行，詳細內容如后：（1）安全衛生管理計畫（含墜落災害防止計畫）之訂定及執行情形。（2）危害告知及共同作業安全協議防災管理措施執行情形。（3）假設工程及核心作業之安全圖說、施工安全規範、安全作業標準訂定情形。（4）擋土支撐、露天開挖、模板支撐、隧道挖掘、襯砌、施工架及施工構台組配、鋼構組配、缺氧作業主管業務執行情形。（5）自動檢查辦理情形。

（二）、安全衛生設施及行爲

營造業相關設施應符合安全衛生規定，另從事相關工程的勞工應依規定執行業務，惟仍有不安全行爲發生，依相關的資料顯示主要集中在以下三個層面的不安全行爲，（1）個人防護層面上：不當或不充分的使用個人防護具，（2）工作技術層面上：不當操作設備或不安全的位置或姿勢，（3）勞工心態層面上：不小心、輕忽和未按規定，雇主心態上有意或無意間予以規避，以減少成本支出；例如使安全裝置失效或未遵循安全及警告措施。因此，在相關安全衛生設施辦理情形重點工程防災作為包含六項：

- 1、墜落防止：營造業重大職業災害為各業之冠，且其主要災害類型為墜落，佔營造業重大職災件數之一半以上。由是觀之，如能降低墜落災害之發生率即可大幅減少職災，其重點工作如后：（1）於高差 2 公尺以上之工作場所邊緣及開口部分，應設

置符合規定之護欄、護蓋、安全網或佩掛安全帶之防墜設施。(2) 於高差 2 公尺以上之處所進行作業時，應使用高空工作車，或應以架設施工架等方法設置工作臺；設置工作臺有困難時，應採取張掛安全網或佩掛安全帶之設施。(3) 於石棉板、鐵皮板、瓦、木板、茅草、塑膠等易踏穿材料構築之屋頂從事作業時，應於屋架上設置防止踏穿及寬度 30 公分以上之踏板、裝設安全網或佩掛安全帶。(4) 於高差超過 1.5 公尺以上之場所作業，應設置符合規定之安全上下設備。(5) 高差超過 2 層樓或 7.5 公尺以上之鋼構建築，應張設安全網，且其下方應具有足夠淨空及工作面與安全網間不應有障礙物。(6) 2 公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞，應使勞工確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具，或應設安全網。(7) 使用之合梯，應符合規定(堅固構造、不得損傷、安全梯面、梯腳與地面之角度在 75 度內、梯腳間有繫材扣牢、安全之梯面)。(8) 使用之移動梯，應符合規定(堅固構造、寬度 30 公分以上、採取防止滑溜或轉動之必要措施)。

2、感電防止：如電氣設備裝置不良或人為作業疏失，極易引起電氣災害，導致人員傷亡及財物損失。在國內，根據行政院勞工委員會歷年來重大職業災害檢查統計資料顯示，感電重大職業災害僅次墜落、滾落為第二位。感電災害原因就如其他職業災害一樣，不外乎是不安全的動作和不安全的設備（環境）所引起的，然而這些原因都可藉由良好的電氣安全設施、適當的電氣安全教育訓練、健全的安全衛生

管理組織（人員）及嚴格的管理監督與自動檢查來預防的。其重點工作如后：(1) 對電氣機具之帶電部分，於作業進行中或通行時，有因接觸（含經由導電體而接觸者）或接近致發生感電之虞者，應設防止感電之護圍或絕緣被覆。(2) 使用對地電壓在 150 伏特以上移動式或攜帶式電動機具，或於含水或被其他導電度高之液體濕潤之潮濕場所、金屬板上或鋼架上等導電性良好場所使用移動式或攜帶式電動機具，應於各該電動機具之連接電路上設置適合其規格，具有高敏感度、高速型，能確實動作之防止感電用漏電斷路器。

(3) 於良導體機器設備內之狹小空間，或於鋼架等有觸及高導電性接地物之虞之場所，作業時所使用之交流電焊機（不含自動式焊接者），應裝設自動電擊防止裝置。(4) 於架空電線或電氣機具電路之接近場所從事工作物之裝設、解體、檢查、修理、油漆等作業及其附屬性作業或使用車輛系營建機械、移動式起重機、高空工作車及其他有關作業時，該作業使用之機械、車輛或勞工於作業中或通行之際，有因接觸或接近該電路引起感電之虞者，應使勞工與帶電體保持規定之接近界線距離，應設置護圍或於該電路四周裝置絕緣用防護裝備或採取移開該電路之措施。(5) 從事電路之檢查、修理等活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具，或應使用活線作業用器具或其他類似之器具，對高壓電路應使用絕緣工作台及其他裝備，或使勞工之身體、其使用中之工具、材料等導電體接觸或接近有使勞工感電之虞之電路或帶電體。

- 3、倒塌、崩塌防止：近年重大職災類型，倒塌、崩塌佔第三位，其原因為下列安全設施未完備所致，稍有疏忽就有立即發生倒塌、崩塌之危險，因此，須加強防災。其重點工作如后：(1) 施工架之垂直方向 5.5 公尺、水平方向 7.5 公尺內，應與穩定構造物妥實連接。(2) 露天開挖場所開挖深度在 1.5 公尺以上，應設擋土支撐。但地質特殊或採取替代方法，經具有地質、土木等專長人員簽認其安全性者，不在此限。雇主對前項擋土支撐，應繪製施工圖說，並指派或委請前項專業人員簽章確認其安全性後按圖施作之。(3) 隧道、坑道作業有落磐或土石崩塌之虞，應設置支撐、岩栓或噴凝土之支持構造及未清除浮石；隧道、坑道進出口附近表土有崩塌或土石飛落，應設置擋土支撐、張設防護網、清除浮石或邊坡保護之措施，進出口之地質惡劣時，應採鋼筋混凝土從事洞口之防護。(4) 模板支撐支柱基礎之周邊易積水，導致地盤軟弱，或軟弱地盤應強化承載力（應鋪設覆工板或 PC 等）。(5) 供作模板支撐之材料，不應有明顯之損壞、變形或腐蝕。(6) 施工架、施工構台、擋土支撐、模板支撐及橋樑工程採支撐先進工法、懸臂工法等假設工程，應依專業技師設計之施工圖說辦理。
- 4、被撞防止：從 94 年營造業職災死亡類型統計分析資料，被撞佔第四位，其或因機械作業、或因交通車輛、或因自身疏於防範。其重點工作如后：(1) 於搬運機械作業或開挖作業時，應指派專人指揮，防止機械翻覆或勞工自機械後側接近作業場所、應嚴禁操作人員以外之勞工進入營建

用機械之操作半徑範圍內、車輛機械應裝設倒車或旋轉警示燈及蜂鳴器，警示周遭其他工作人員。(2) 車輛出入、使用道路作業、鄰接道路作業或有導致交通事故之虞之工作場所：應依規定設置適當交通號誌、標示或柵欄、夜間柵欄未設有照明或反光片等設施、交通號誌、標示或柵欄等措施已設置尚不足以警告防止交通事故時，應置交通引導人員。(3) 使勞工於有車輛出入或往來之工作場所作業時：應明顯設置警戒標示，並置備反光背心等防護衣，使勞工確實使用。

- 5、物體飛落防止：從 94 年營造業職災死亡類型統計分析資料，物體飛落佔第五位，其重點工作如后：(1) 工作場所有物體飛落之虞，應設置防止物體飛落設備。(2) 應使用經檢查合格之固定式起重機、移動式起重機。(3) 應僱用合格人員充任吊升荷重 3 公噸以上之固定式起重機、移動式起重機操作人員。(4) 使用起重機具從事吊掛作業人員，應使其受特殊作業安全衛生教育訓練。(5) 起重機具之吊鉤、吊具應有防止吊物脫落裝置。(6) 起重機應具有過捲預防裝置。(7) 起重機具運轉時，應採取防止吊掛物通過人員上方及人員進入吊掛物下方之設備或措施。
- 6、工作場所災害防止：對於工作場所災害防止重點工作包含：(1) 工作場所暴露之鋼筋、鋼材、鐵件、鋁件及其他材料等易生職業災患者，應採取彎曲尖端、加蓋或加裝護套等防護設施。(2) 工作場所人員及車輛機械出入口處：①應設方便人員及車輛出入之拉開式大門，並標示禁止無關人員擅入。②應設管制人員：A. 管制非有適

當防護具之人員，不得讓其出入。B.管制、檢查車輛機械，未具合格證，不得讓其出入。③應維持車輛機械進出視線淨空。(3) 雇主對於進入營繕工程工作場所作業人員，應提供適當安全帽，並使其正確戴用。(4) 勞工有酒醉或有酒醉之虞者，不得從事高架作業。(5) 在人孔、下水道、溝渠、污(蓄)水池、坑道、隧道、水井、集水(液)井、沈箱、逆打工法之地下層、筏基坑及其他自然換氣不充分之工作場所有下列情形之一時：①空氣中氧氣濃度未滿 18%、硫化氫濃度超過 10PPM 或一氧化碳濃度超過 35PPM 時，應確實佩戴空氣呼吸器等呼吸防護具、安全帶及安全索。②應確實佩戴空氣呼吸器等呼吸防護具時，或置備通風設備予以適當換氣，並應置備空氣中氧氣、硫化氫、一氧化碳濃度之測定儀器，隨時測定保持氧氣濃度在 18% 以上、硫化氫濃度在 10PPM 以下及一氧化碳濃度在 35PPM 以下。

四、工程防災查核案例實務探討

為提升公共工程之安全衛生管理水準，執行行政院院會通過之「全國職場 233 減災方案」及政府採購法第七十條所定之施工安全衛生之責任，結合政府機關之資源以消弭職業災害，保障勞工職場工作安全，彰顯政府對勞工安全與健康的重視與關懷，特訂定公共工程防災查核小組及績效考核作業要點。依該要點行政院所屬部、會、行、處、局、署、院、臺北市政府或高雄市政府辦理工程採購，得專設查核小組或併依政府採購法第七十條所設之「工程施工查核小組」，辦

理公共工程防災查核。查核小組進行查核時，應依勞工安全衛生相關法令、政府採購法、加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點及工程契約之規定，查核施工安全衛生管理及設施等事宜。筆者有幸參與該項工作，謹將相關查核時須注意改進之處記之，以供相關從業人員參考。

4.1 案例 1.某國營企業的管線工程，工程概要：1.埋設 ϕ 600 mm DIP 管線及附屬管件 -2,187 公尺、2.埋設 ϕ 900 mm SP 及附屬管件 70 公尺、3.管溝門型框架擋土設施 1,798 公尺、4.管溝回填多功能再生混凝土(MRC)-4,169M³、5.閥類窰井:A. ϕ 900 mm多噴孔持壓閥窰井一座。B. ϕ 900 mm蝶閥窰井一座。C. ϕ 600 mm遙控浮球閥兼高度閥窰井。D.水量計窰井。E.排氣閥窰井 12 座。預算金額：49,699,262 元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：有關管溝門型框架上下工作梯，為利固定避免滑動，建議參酌納入整體考量，如有其他使用考量再輔以移動式，惟須注意牢固安全。另本案前曾有全民督工通報案件，為改善路面沉陷及平整，建議相關工法應參酌考量調整，諸如切割(含深度及二次切割)。工程契約勞工安全衛生費用未量化編列部分仍有偏高情形。

(2)、監造單位部分：MRC 混凝土作業場所安全管理措施諸多缺失，另發生全民督工通報事件，相關工程防災查驗未落實有待加強、矯正。協議組織共同作業既已簽認，應依簽署內容指定人員做為與承攬商間之協調及指定作業。相關共同作業單

位應參與協議組織運作。相關告示牌格式內容及通報單位部分有遺漏或誤值，建議應依規定辦理；另因屬管道工程，建議應增加移動式告示牌。(3)、廠商部分：對於自動檢查辦理情形，在施工前應詳實填載、宣導危害告示及落實執行。協議組織開會時應依契約及相關規定全員參加。相關監造單位要求改善工作應儘速完成。相關工作場所之勞安衛生管理措施及做為宜強化，諸如：交通維持措施的擺放應依規定採漸進式縮減，交通指揮人員站立位置等宜考量安全反應因素。相關施工機械的操作保養勿過與不及。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 感電防止方面：MRC 拌合廠進出道路電線掉落未見保護或處理，對於相關機械、人員及車輛進出可能產生安全災害。(2) 被撞防止方面：交通設施的擺放、交通維持人員站立位置未充分考量車輛反應時間，仍有改善空間。(3) 工作場所災害防止方面：MRC 拌合廠進出道路安全管理欠缺，未設圍籬或管制設施應有改進空間，相關油筒、管件棄置、積水未清除、挖土機械在較高操作位置之防護措施應強化。相關重型機械檢查合格證明、操作人員合格證明應粘貼在明顯處（如正本受檢可用影本）。

4.2 案例 2.某政府機關的管線工程，工程概要：1.箱涵 $\square 1.4*1.5$ -長 115M；2.箱涵 $\square 1.4*1.2$ -長 128.28M；3.箱涵 $\square 2.0*2.0$ -長 172M；4.箱涵 $\square 2.2*2.2$ -長 92M；5.箱涵 $\square 2.4*2.4$ -長 96M；6.箱涵 $\square 3.6*2.4$ -長 70M。7.RCP $\phi 2000$ mm及附屬管件 491 公尺。8.RCP $\phi 1000$ mm（Ⅲ級管）及附屬管件 9.7 公尺。9.U 型側溝 W50cm*H65cm-

長 47M。預算金額：120,800 千元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：未督導乙方應依規定於開工前將相關勞工安全衛生計畫等資料提送勞動檢查機構。未完全依加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點督導承商落實相關作業。(2)、監造單位部分：未依規定於開工前指定承商設置協議組織召開會議，告知相關工作環境、危害因素、防災必要措施，以及安衛費用分攤事宜。未依施工程序設定安全衛生查驗點。未督導承商訂定緊急事故救援方案及相關演練，以及協議組織共同作業相關運作事宜。相關表報文件部分有遺漏或誤值，建議應依規定辦理。(3)、廠商部分：對於自動檢查辦理情形，在施工前應詳實填載、宣導危害告示及落實執行。協議組織開會時應依相關規定舉辦及全員參加，共同作業防災管理相關需注意事項應明確告知。相關工作場所之勞安衛生管理措施及做為宜強化，諸如：交通維持措施的擺放應依規定採漸進式縮減，交通指揮人員站立位置等宜考量安全反應因素。相關擋土支撐、露天開挖、模板支撐作業主管業務建議應取得相關合格證照，以利業務執行，另相關業務主管諸如：技師應常巡工地。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：于高差 2 公尺以上之工作場所邊緣及開口部分，部分未設置符合規定之護欄、護蓋、安全網等防墜設施。使用之合梯，未符合規定(梯腳間繫材未能扣牢)，梯腳容易滑動。(2) 被撞防止方面：交通設施

的擺放、交通維持人員站立位置未充分考量車輛反應時間，日間應使用之指揮用紅旗，46CM×46CM，旗桿約長 80CM，仍有改善空間。部分施工人員未穿著反光背心等防護衣。(3) 工作場所災害防止方面：工作場所部分暴露之鋼筋、鐵釘等易生職業災害者，未採取彎曲尖端、加蓋或加裝護套等防護設施。其它方面：相關重型機械檢查合格證明、操作人員合格證明粘貼在明顯處（如正本受檢可用影本）。重型機械及乙炔旁應置備滅火設備。

4.3 案例 3.某國營企業的管線工程，工程概要：1.埋設 ϕ 1100 mm SP 管線-56 公尺。2.埋設 ϕ 1100 mm DIP-18 公尺。3.埋設 ϕ 1100 mm 蝶閥 3 只。預算金額：120,800 千元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：有關 2.5 公尺鋼板擋土支撐，為利固定避免滑動，建議應經力學原理設計相關組力施工圖。為改善路面沉陷及平整，相關 AC 路面較厚處建議相關工法應參酌考量調整，諸如切割（含深度及二次切割）。工程契約勞工安全衛生費用未能完全量化編列部分。走動管理糾正缺失宜作確認、空污費宜納入編列辦理。(2)、監造單位部分：協議組織共同作業相關內容應確實，並督導要求全員參加。對於管線工程應依工程施作特性，建議應另訂適宜的安全衛生查驗點。相關緊急通報流程通報單位部分有遺漏，建議應依規定辦理；另因屬管道工程，建議應增加移動式告示牌。(3)、廠商部分：本工程缺少露天開挖作業主管，對於相關勞工安全衛生管理

作業宜強化。對於自動檢查辦理情形，在施工前應詳實填載，並做複查確認、每日施工前應宣導危害告示及落實執行。協議組織開會時應依契約及相關規定全員參加。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：管溝開挖後高差 2 公尺以上之處所邊緣及開口部分，相關資料未能顯示設置符合規定之護欄、護蓋、安全防墜網等防墜設施。於高差超過 1.5 公尺以上之場所作業，相關資料未能顯示設置符合規定之安全上下設備。(2) 倒塌、崩塌防止方面：2.5 公尺鋼板擋土支撐等假設工程，相關資料未能顯示依專業技師設計之施工圖說辦理。(3) 感電防止方面：現場已完工無相關資料可資參考，建議爾後應建立完整資料檔案。(4) 被撞防止方面：相關交通指揮人員站立位置等宜考量安全反應因素，夜間警示燈宜強化，日夜間宜使用不同配備，以利維護交通，並保障人員安全。

4.4 案例 4.某政府機關的基礎公共工程，工程概要：1.4.1M 寬 5.2M 高雙孔壓力箱涵 400M、2.24.75M 寬畚箕型流末工、3.箱型 RC 閘門操作平臺、4.1M 寬-5.2M 高閘門及吊門機 2 組。預算金額：165,000 千元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：施工架、施工構台、擋土支撐、模板支撐等假設工程，未由廠商委託專人依結構力學原理妥為設計並繪製組立圖、施工圖說。(2)、監造單位部分：未依規定於開工前指定承商設置協議組織召開會

議，告知相關工作環境、危害因素、防災必要措施，以及安衛費用分攤事宜。未依施工程序設定安全衛生查驗點。未督導承商訂定協議組織共同作業相關運作事宜。相關表報文件部分有遺漏或誤值，建議應依規定辦理。(3)、廠商部分：對於墜落災害防止計畫未訂定，相關執行情形仍待加強。協議組織開會時應依相關規定舉辦及全員參加，共同作業防災管理相關需注意事項應明確告知。相關擋土支撐、露天開挖、模板支撐作業主管業務建議應取得相關合格證照，以利業務執行。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：于高差 2 公尺以上之工作場所邊緣及開口部分，部分未設置符合規定之護欄、護蓋、安全網等防墜設施。于高差超過 1.5 公尺以上之場所作業，未設置符合規定之安全上下設備，經糾正後已有改善；另使用之合梯，未符合規定。(2) 工作場所災害防止方面：工作場所部分暴露之鋼筋、鐵釘等易生職業災害者，未採取彎曲尖端、加蓋或加裝護套等防護設施。

4.5 案例 5.某國營企業的基礎公共工程，工程概要：1.湖口鄉湖南村部份地區居民原端賴抽用地下水作為日常生活用水，高速鐵路通過該區施工期間，因地下水源枯竭，造成居民無地下水可用之窘境，故新竹縣政府委請國營企業辦理相關工程，工程經費由新竹縣政府及高鐵公司分攤，湖口鄉湖南村三鄰位處高地，為能順利供水，故辦理該加壓站工程。2.新設 250 噸蓄水池 1 座(內尺寸 13.7m x 6.7m x 3m)、5HP 沉水式抽水機 2 台、新設配電設備 1 套、200m/m 進出管線、窰井 3 座(內尺寸 2.5m

x 1.14m x 1.2m)。預算金額：6,625,500 元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：安全衛生費量化應依該工程土建、機電設施實際需要編列，另仍有部分比例未量化。機關應規範廠商於開工前，將勞工安全衛生人員依法令規定向勞動檢查機構報備，並副知機關(構)、監造單位備查；異動時，亦同。勞工安全衛生人員應常駐工地執行職務。如未能執行職務應充分說明或依「加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點」第七點規定辦理。(2)、監造單位部分：有關於勞工安全衛生圖說應確實要求承商依規定辦理。有關協議組織及參與共同作業等事宜，應依據「加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點」第十五點規定辦理，並要求實際參與共同作業之相關標案承商及人員全員參與。建議勞工實施工作安全教導後相關紀錄應簽章後，由工程主辦單位送勞工安全衛生管理部門備查。另事前預告危害因素協調會議甲方勞工安全衛生管理人員應參與。

(3)、廠商部分：有關協議組織共同作業協議防災管理應依規定召集，並召請機電標案承商及人員參與，並就相關事宜協議。假設工程及核心作業之安全圖說、施工安全規範、安全作業標準訂定情形仍有加強的空間。相關安全維護及進出管制及工地衛生環境仍須加強。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：部分缺失作業已由主辦單位要求承商改正，惟爬梯護欄仍須加強。(2) 倒塌、崩塌防止方面：有關模板支撐未完全依專

業技師設計之施工圖說辦理應改正。(3) 工作場所災害防止方面：工作場所暴露之鋼筋等材料等易生職業災患者，未採取彎曲尖端、加蓋或加裝護套等防護設施應改正。對於工作場所諸如水池等自然換氣不充分之工作場所，現場未置備檢測儀器及防護具。

4.6 案例 6.某政府機關的基礎公共工程，工程概要：施工範圍：臺北市中山區轄內市林森北路以東·新生北路以西·南京東路以南及市民大道以北；主要工作內容：1. ϕ 200mm 道路：2028m 2. ϕ 200mm 後巷：3980m 3. 預計接管戶數 5061 戶。預算金額：78,399,355 元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：擋土支撐未確認廠商委託專人依結構力學原理妥為設計，並繪製組立圖，施工圖說。安全衛生費用量化部分未完全，如未依規定管理人員人事費、緊急應變演練事項建議爾後考慮納入。施工安全衛生查核次數未依規定辦理。(2)、監造單位部分：開工前應完成報核事項，諸如：勞安衛人員、勞安衛管理計畫等未於開工前完成報核稽查。安全衛生管理計畫未依加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點所列項目辦理審查。危害告知未依規定於每次施工作業前辦理稽查，另建議爾後開工前辦理共同作業安全協議防災管理措施稽查。(3)、廠商部分：安全衛生管理計畫未依加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點所列項目辦理。另安全衛生管理計畫未依規定訂定墜落災害防止計畫內容。危害告知未依規定於每次施工作業

前辦理，另建議爾後開工前辦理共同作業安全協議防災管理措施。擋土支撐、露天開挖等作業未具有合格主管於現場執行業務。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 物體飛落防止方面：現場 RC 人孔等需吊掛作業，未有一機三證 (3T 以上吊車合格證，吊掛人員及操作手合格證) 資料備查。(2) 工作場所災害防止方面：人員及車輛機械出入口處未設管制人員。簡報內照片交維人員未扣好安全帽。

4.7 案例 7.某國營企業的管線工程，工程概要：該案主體工程為統包案，由台灣土地投資開發公司負責規劃及監造，該工程相關施工事宜均經由該公司協調辦理，工程需配合主體道路工程施工時程進場埋設。另配合道路主體工程埋設人孔 25 座、手孔 38 座、管路 2030 公尺；預算金額：24,000,000 元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：有關擋土支撐等工程應確認，由廠商委託專人依結構力學原理妥為設計並繪製組立圖、施工圖說之辦理情形建議須加強。安全衛生費用仍有部分未完全量化編列建議須加強。(2)、監造單位部分：對於擋土支撐等安全衛生事項及施工安全圖說，監造單位須加強監造。監造單位執行監造工作，依據加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點部分須充實。(3)、廠商部分：假設工程諸如擋土支撐作業之安全圖說訂定情形須加強。部分自動檢查作業及紀錄須加強。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方

面：現場使用之移動梯對於牢固防止轉動部分建議應加強。(2) 倒塌、崩塌防止方面：現場擋土支撐假設工程未能使用依專業技師設計之施工圖說辦理。(3) 被撞防止方面：工作場所作業時甲方曾經查核未明顯設置警戒標示；另場抽查挖土機蜂鳴器故障，已於期限內改修妥。(4) 物體飛落防止方面：起重機具運轉時，設有專人指揮監督，防止吊掛物通過人員上方及人員進入吊掛物下方之設備。曾經甲方現場查核時告知立即改善妥。(5) 工作場所災害防止方面：施工現場材料堆放任意堆放防護設施須加強。

4.8 案例 8. 某國營企業的基礎公共工程，工程

概要：○○淨水場四萬噸清水池重建工程；工程內容：(1) 施工臨時設施一式。(2) 廢水調節池一式。(3) 廢水池一式。(4) 清水池一式。(5) 污泥乾燥床一式。(6) 場內管線一式。(7) 場內另星一式。(8) 機械設備一式。(9) 電氣設備一式。(10) 閉路監視系統一式。(11) 儀控設備一式。預算金額：2 億 2,470 萬元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

- 1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：該案為巨額採購，為查核金額以上工程採購，應依據加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點要求，設計時應於招標文件內明定廠商應提報安全衛生管理計畫。除特殊考量，建議應依規定將包括計畫期間、基本方針、管理目標、重點實施事項如安全衛生管理體制、機械設備之安全化、作業環境測定與管理、安全衛生自動檢查、各項作業安全作業標準、勞工健

康管理、勞工安全衛生教育、承攬廠商之安全衛生管理、緊急應變計畫、災害調查分析與紀錄、安全衛生經費之編列及其他有關之安全衛生事項等，重點實施事項細部執行計畫、實施結果之報告與查核確認納入規範。另該案為巨額採購，安全衛生經費之編列應量化，建議應依加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點，至少應包括預防災害必要之安全衛生設施、管理人員人事費、個人防護具、安全衛生教育訓練、緊急應變演練、宣導及管理費用及明細表等作為招標文件，納入契約執行。

(2)、監造單位部分：有關假設工程施工安全圖說部分未能確實執行監造，諸如：施工鷹架防護網、基腳調整固定、支撐連結、擋土斜撐等。在場區內作業如未能完全隔離獨立作業，且機關如為原事業單位並涉及共同作業時，建議應依勞工安全衛生管理法第 18 條規定辦理。建議應有完整配套措施，至少在開工前邀集相關作業單位及人員確實參與協議組織，諸如：○○淨水場。以利明確告知場區內相關須注意危害因子、作業範圍管理職責、費用分攤、擔任召集人規則及指定工作場所負責人及其指揮管理機制，並應定期召開及視須要配合不定期增開協議組織會議。

(3)、廠商部分：危害告知及共同作業安全協議防災管理措施執行情形，未能整體考量運作。部分自動檢查項目未能辦理，諸如：乙炔等。另緊急通報流程建議應包含：檢察機關、政風單位、保險公司等。

- 2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：2 公尺以上之高處作業雖有使用安全帶之防護具，然未使勞工確實正確使用，

建議應加強。清水池西側開挖面，因有崩塌之虞，故採取打設鋼軌樁及鋼板防護，所使用之移動梯未採取防止滑動之措施，經甲方要求改正。(2) 倒塌、崩塌防止方面：施工架、擋土支撐等假設工程，部分未依專業技師設計之施工圖說辦理。(3) 感電防止方面：該工程施工區域內所使用電力設備之電纜線未架設於地面上或加絕緣套管理設於地下，以防止漏電而發生勞工感電事宜，經甲方要求改正。(4) 工作場所災害防止方面：工作場所暴露之部分鋼材、鐵釘及其他材料等易生職業災害者，臨時便道未能採取適當防護設施。

4.9 案例 9.某政府機關的管線工程，工程概要：1.箱涵 $\square 1.4*1.5$ -長 115M；2.箱涵 $\square 1.4*1.2$ -長 128.28M；3.箱涵 $\square 2.0*2.0$ -長 172M；4.箱涵 $\square 2.2*2.2$ -長 92M；5.箱涵 $\square 2.4*2.4$ -長 96M；6.箱涵 $\square 3.6*2.4$ -長 70M。7.RCP $\phi 2000$ mm及附屬管件 491 公尺。8.RCP $\phi 1000$ mm (Ⅲ級管)及附屬管件 9.7 公尺。9.U 型側溝 W50cm*H65cm-長 47M。10.車行斜坡道復舊 261.5M。11.變更設計新增 $\phi 2000$ mm涵管 253 公尺及 $\phi 1350$ mm涵管 119 公尺。預算金額：134,222 千元。該案前經查核經選案後辦理複查，經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：未督導乙方應依規定於開工前將相關勞工安全衛生計畫等資料提送勞動檢查機構。對於假設工程，諸如：擋土支撐、模板支撐等建議仍應確認廠商委託專人依結構力學原理妥為設計並繪製組立

圖、施工圖說。有關安全衛生費用量化編列項目未完全依加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點督導廠商落實相關作業。(2)、監造單位部分：緊急事故救援流程仍有疏漏，相關緊急連絡電話應張貼於電話旁，建議應督導廠商依規定辦理。相關表報文件部分有遺漏或誤值，建議應依規定辦理。(3)、廠商部分：對於自動檢查辦理情形，諸如：重型機械在施工前應逐日詳實填載、宣導危害告示及落實執行。相關工作場所之勞安衛生管理措施及做為宜強化，諸如：緊急事故救援流程仍有疏漏，相關緊急連絡電話應張貼於電話旁。相關露天開挖作業主管業務建議應取得相關合格證照，以利業務執行，另相關業務主管諸如：技師應常巡工地。對於假設工程，諸如：擋土支撐、模板支撐等建議仍應委託專人依結構力學原理妥為設計並繪製組立圖、施工圖說。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：于高差 2 公尺以上之工作場所邊緣及開口部分，部分未設置符合規定之護欄、護蓋、安全網等防墜設施。(2) 倒塌、崩塌防止方面：擋土支撐、模板支撐等假設工程，仍應請專業技師依結構力學設計之施工圖說辦理，而非以北區勞檢所下載之通案示意圖說辦理。(3) 被撞防止方面：部分夜間警示燈有損壞，應更換。(4) 工作場所災害防止方面：工作場所車輛機械出入口處未設管制人員管制、檢查車輛機械，未具自主檢查合格，不得讓其出入。(5) 其它方面：相關重型機械操作室安全玻璃裝置部分闕漏應補強，滅火設備應擺放牢固。護欄梯腳板部分建議仍應補

強。簡報時建議仍應採三級制分別報告，以利瞭解相關層級之作爲。

4.10 案例 10.某國營企業的基礎公共工程，工程概要：地下 600 噸(16.5M*11.5M*3.7M)配水池一座。預算金額：7,388,000 元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

- 1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：安全衛生費用部份雖有量化，惟仍應再強化。施工安全衛生稽查雖有罰處，惟後續缺失矯正處理應補強，諸如：安衛管理人員未到場執行業務等。(2)、監造單位部分：依契約規定開工前應辦理事前預告危害因素協調會議時，甲方勞工安全衛生管理人員依規定應參加，會議內容應將 6 種(至少)規定事項納入，惟部份事項未納入待強化。勞工安全衛生人員應於開工前向勞動檢查機構報備，如有「加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點」第七點情事時應妥爲處理；另監造單位應就該要點第十項規定於施工程序設定安全衛生查驗點進行查驗。(3)、廠商部分：危害告知及協議組織會議仍待補強，諸如：召開的頻率、出席人員應簽名，召集人與副召集人的角色定位建議應依規定辦理。安全作業標準訂定不完全。露天開挖欠缺作業主管待補強。緊急通報流程建議應將檢察及政風系統納入，以資周全。自動檢查辦理情形建議應就其特性及期間區分辦理。
- 2、安全衛生設施辦理情形：(1)墜落防止方面：於高差 2 公尺以上之工作場所邊緣及開口部分，部份未設置符合規定之護欄等防墜設施待補強。(2)倒塌、崩塌防止方

面：建議開挖部位應清除積水，防止基礎土壤軟化，影響強度及支撐安全。(3)被撞防止方面：現場臨道路，相關吊車、機械及人員常須進出，未依規定設置適當交通號誌、標示等措施；亦未置交通引導人員，尚不足以警告防止交通事故待補強。車輛機械未裝設倒車或旋轉警示燈及蜂鳴器，業經甲方要求改正完成。(4)工作場所災害防止方面：部份鐵件或暫置物未加護套業經甲方要求改正完成。工作場所人員及車輛機械出入口處未設管制人員，部份圍籬傾倒，附近亦有居民活動，難以管制非有適當防護具之人員出入。(5)其它方面：後續仍有諸多假設工程，建議相關作業應先預爲因應。進出口洗車及污雨水排除建議應注意相關規定處理。

4.11 案例 11.某國營企業的管線工程，工程概要：1.埋設 1500mm 管線-2990M、2.埋設窰井 4 座—A 型、M5-1、M1-1、排氣閥窰井各 1 座。預算金額：60,060 千元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

- 1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：安全衛生費用部份雖有量化，惟仍應再強化。緊急通報系統應將檢察體系納入，施工安全衛生稽查雖有罰處，惟後續缺失矯正處理應強化。(2)、監造單位部分：擋土設施等施工安全圖說監造應注意落實，相關擋板深度未達規定，以及支撐間的固定或與土壤間間隙，容易因主動或被動土壓力造成崩塌。施工安全衛生稽查雖有罰處，惟後續缺失矯正處理應強化。(3)、廠商部分：承商雖有安全衛生管理計畫，但發生工人不小心滑落管邊而

受傷事件；通報流程亦須加強。假設工程諸如：擋土支撐作業主管於現場未能確實執行職務。協議組織開工前召開應依規定指定工作場所負責人，並以書面紀錄為之。

- 2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：管溝開挖選擇採用門型架檔土工法，未遵循作業程序，工人疏忽從管頂滑落管邊而受傷。(2) 倒塌、崩塌防止方面：擋土支撐等假設工程，未依專業技師設計之施工圖說辦理。(3) 被撞防止方面：現場交通引導人員於日間應使用適當工具(諸如：紅旗)，安全距離亦須注意。(4) 其它方面：假設工程標準圖說雖經甲方技師提供，惟現場實際施工使用的細部圖說，建議仍應由乙方依現場條件及狀況辦理，並經甲方確認；另管底墊木建議應採用凹槽設計，避免因墊木與管體產生集中應力。契約由總公司總經理簽約，工程主辦機關如欲由工程處擔任，建議應完成相關程序，表報亦應注意如何表達；否則即應由總公司依規定查核。工作梯踏板採用圓棒易滑溜，建議使用止滑材料。協議組織第一次召開時，建議甲方勞安管理人員應參加，協助提供專業意見。

4.12 案例 12.某國營企業的基礎公共工程，工程概要：施作 3000 噸蓄水池及場內管線及機電設備。預算金額：50,715,000 元。經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

- 1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：安全衛生費用部份雖有量化，惟仍應再強化。擋土支撐現場實作噴凝土等防護工程，其設計施工圖說應妥為辦理，並

經甲方確認。另緊急通報系統建議應將檢察體系納入；施工安全衛生稽查雖有罰處，建議後續缺失矯正處理應強化。(2)、監造單位部分：擋土設施等施工安全圖說監造應注意落實，相關擋板橫向連結應注意。有關開工前現場勘查應確實執行；查核金額以上案件，安全衛生管理計畫請確實依「加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點」第五點規定辦理。(3)、廠商部分：危害告知應作現場勘查並紀錄，另協議組織共同作業，應請相關廠商共同參與，訂定作業規定並定期召開。假設工程諸如：擋土部份圖說未訂定。部份作業主管於現場未能確實執行職務，諸如露天開挖等。

- 2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：部份施工作業使用之移動梯未符合規定，諸如：噴漿作業，亦未採取適當防墜措施。(2) 倒塌、崩塌防止方面：擋土支撐等假設工程，未完全依專業技師設計之施工圖說辦理，另噴凝土擋土邊坡保護圖說闕如。(3) 被撞防止方面：現場交通引導人員於日間應使用適當工具(諸如：紅旗)，安全距離亦須注意；另鄰接道路作業或有導致交通事故之虞之工作場所：未能設置適當交通號誌、標示或柵欄。(4) 工作場所災害防止方面：工作場所部份暴露之鋼筋等易生職業災害者，未採取彎曲尖端、加蓋或加裝護套等防護設施。(5) 其它方面：主辦機關應依契約訂定者擔任，如有授權應在表報顯示，否則即應依規定載明；建議相關查核層級頻率應強化。部份設施開口蓋板開啓方向建議應修正，諸如配水池內上下工作梯。部份管

件、設備臨時固定未牢固，建議應強化。土建設施建議應設置洗車設施及沉澱池等設施以符合規定。部份梯面易滑動或踢腳板固定間距過長未牢固，建議應強化。

4.13 案例 13.某國營企業的基礎公共工程，工程概要：1. 建築工程：(1) 機電工程：E/S 開關設備房：地下 1 層、地上 4 層鋼筋混凝土結構房屋 1 棟，總樓地板總面積 9,009.94 m²。(2) 房屋微地動量測。2. 機電工程：動力設備及插座、照明、接地、避雷、空調、通風、消防、給排水、起重機、電梯、電信、門禁、CCTV、水位監視。3. 土木及景觀工程：2 座連接站、地下電纜涵洞、集油池及排油陰井、停車棚、道路及排水系統、景觀工程。預算金額：340,000 千元。該案前經查核經選案後辦理複查，經現場進行查核，其主要須注意改進之處條列如后：

1、安全衛生管理制度：(1)、工程主辦機關部分：安全衛生費用部份雖有量化，惟仍應再強化。有關假設工程雖有甲方提供標準圖說，細部組立圖說、施工圖說僅有一小部份由廠商委託專人依結構力學原理設計，建議仍應依現場條件辦理及確認。

(2)、監造單位部分：部份施工安全圖說乙方未能依圖說辦理，監造情形仍須強化。另有關於協議組織共同作業應於開工前舉行，邀集共同作業相關廠商及人員參與及協商，緊急應變流程單位建議應增加檢察系統及政風單位。(3)、廠商部分：露天開挖作業未具有主管資格，建議爾後應改正。侷限作業自主檢查作業部份未確實，建議應改正。

2、安全衛生設施辦理情形：(1) 墜落防止方面：於高差 2 公尺以上之工作場所邊緣及

開口部分，未設置符合規定之護欄、安全網之防墜設施。(2) 倒塌、崩塌防止方面：模板支撐部份未依專業技師設計之施工圖說辦理。(3) 工作場所災害防止方面：工作場所暴露之部份鋼筋、鋼材、鐵件、鋁件及其他材料、坑洞等易生職業災害者，未採取適當的防護設施。(4) 其它方面：現場部分重型施工機械雖未施工，諸如：怪手、高空作業車等警示標誌等安全措施建議應強化。現場部份電線外露、凌亂，建議應強化。巷口出入交通管制，建議應採取號誌或指揮管理人員協助。工地衛生環境建議應加強，諸如：小便池等。緊急聯絡電話建議應張貼於電話旁。安全衛生管理整體計畫建議應會同勞安部門審查，分項計畫建議應單獨作業避免夾雜在施工作業中。

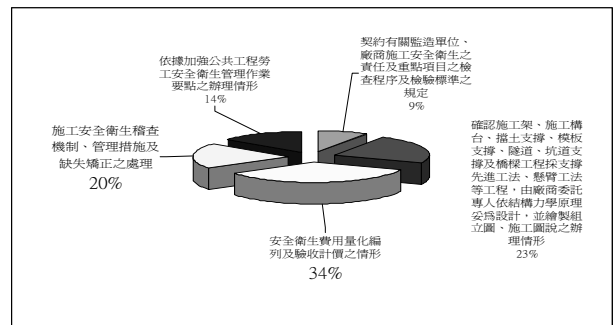


圖 1 主辦機關須改進事項比例

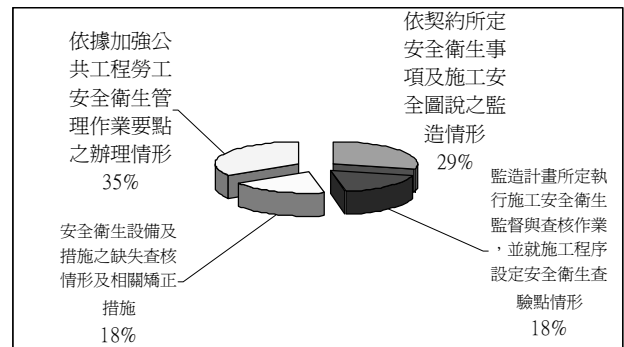


圖 2 監造單位須改進事項比例

從前述案例中經統計分析契約有關監造單位、廠商施工安全衛生之責任及重點項目

之檢查程序及檢驗標準之規定佔 8.6%。2. 確認施工架、施工構台、擋土支撐、模板支撐、隧道、坑道支撐及橋樑工程採支撐先進工法、懸臂工法等工程，由廠商委託專人依結構力學原理妥為設計，並繪製組立圖、施工圖說之辦理情形佔 22.9%。3.安全衛生費用量化編列及驗收計價之情形佔 34.3%。4. 施工安全衛生稽查機制、管理措施及缺失矯正之處理佔 20%。5.依據加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點辦理情形佔 14.3%。廠商方面須注意防範改進事項比例分別為：1.安全衛生管理計畫（含墜落災害防止計畫）之訂定及執行情形佔 17.5%。2.危害告知及共同作業安全協議防災管理措施執行情形佔 25%。3.假設工程及核心作業之安全圖說、施工安全規範、安全作業標準訂定情形佔 12.5%。4.擋土支撐、露天開挖、模板支撐、隧道挖掘、襯砌、施工架及施工構台組配、鋼構組配、缺氧作業主管業務執行情形佔 22.5%。5.自動檢查辦理情形佔 22.5%。

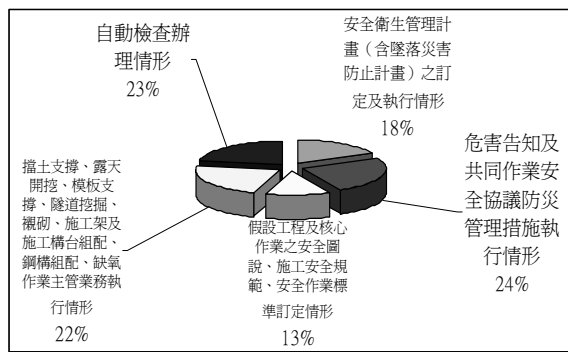


圖 3 廠商須改進事項比例

其次在安全衛生設施及行為方面，須注意相關重點工程防災改進作為，依查核項目情形分別歸納分析：1.墜落防止方面佔 27.9%、2.倒塌、崩塌防止方面佔 14.8%、3.感電防止方面佔 9.8%、4.被撞防止方面佔 14.8%、5.物體飛落防止方面佔 4.9%、6.工作場所災害防止方面佔 27.9%。

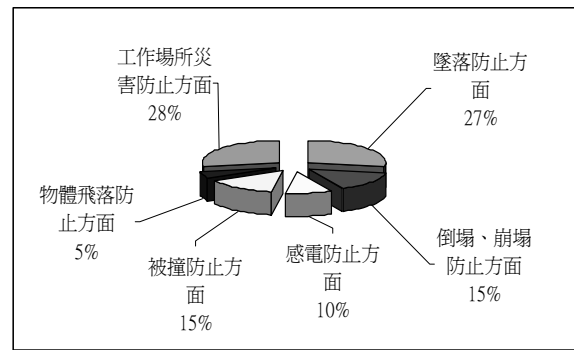


圖 4 安全衛生設施及行為須改進事項比例

五、結語

(一)、綜觀相關防災查核情形，在安全衛生管理制度方面主辦機關應優先改善包含對於安全衛生費用量化編列及驗收計價，避免廠商心態上常將勞工安全費用以式計價時視為利潤之一部份，並利責任界定；另對於假設工程安全圖說應配合現地狀況，由乙方經專業技師提出經甲方確認，避免因使用標準圖替代，以提昇實際安全成效。此外對於稽查機制、管理措施及缺失矯正須注意簽約機制的角色，及其規範之管理機制及查核頻率，尤其對於未能執行安全衛生業務人員應依規定辦理缺失矯正。在監造單位方面應優先改善包含：對於執行安全圖說等事宜偶有便宜行事，應配合違約處理落實監造及履約管理；另外在合約開工前共同作業安全協議防災管理措施，以及施工前危害告知及簽認應確實依規定辦理；此外應依據加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點之規定辦理相關事宜。在廠商方面應優先改善包含安全衛生管理計畫（尤其涉及墜落災害防止計畫部分）和危害告知、以及共同作業安全協議防災管理措施之訂定及執行情形，應落實避免流於形式僅供參考；另外假設工程及核心作業之安全圖說及作業主管應落實執行。在安

全衛生設施及行為方面應優先改善包含墜落防止方面，尤其是防墜落措施及工作梯等；另外工作場所災害防止方面，須注意常因局部缺失或便宜行事而釀禍。

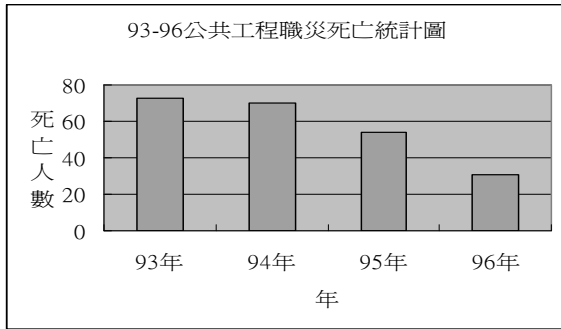


圖5 93-96年公共工程職災死亡統計

(二)、另外從95年起中央部會及直轄市政府相關機關與企業積極推動工程防災事宜，初步已有明顯成效，至96年12月職災死亡人數從73人降低至31人如附圖（非屬於營造業未列入），初步計算節省時間約28,000小時（勞檢人員作業時間）、節省費用約7,000萬元（減少勞保給付及勞檢人員作業費用），如包含執行機關作業時間及工程成效將更為顯著，以3倍計節省時間將達十餘萬小時，效益亦達約3億元；此外，尚有相關無形效益及風險效益。但是地方政府所屬公共工程職災死亡人數並未降低；因此，工程防災查核經主管機關研議後擴大含括縣市政府等機關。基此，相關工程防災事宜于96.11.27已將「加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點」修正為「公共工程施工安全衛生管理作業要點」，並由勞工委員會與公共工程委員會會銜發布，視為政府採購法第70條之行政規則，各縣市政府將一體適用加強辦理工程防災事宜，以提昇整體成效。

(三) 有關公共工程之施工安全衛生查核事宜，為減少多次分別查核，將回歸「工程施工查核小組作業辦法」併同實施，惟查核時應同時選任至少一名施工安全查核委員辦理公共工程防災查核。各機關應配合「公共工程施工安全衛生管理作業要點」修正相關採購契約規定；從查核經驗顯示，廠商之素質常有明顯差異，為提昇尤其須修正廠商應執行事項規範及違約處理事宜。

參考文獻

1. 行政院勞工委員會公共工程「金安全」工作圈，96年法制再造工作圈。
2. 曾傳銘，美國推動職業安全衛生的相關機構，工業安全衛生月刊，206期。
3. Surry, J., 1968; "Industrial accident research: A human engineering approach, Toronto: University of Toronto Press.
4. 林楨中，營造業重大職業災害分析 — 不安全行為及狀況，行政院勞委會勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH91-S312。
5. 林楨中、戴基福，營造業勞工不安全行為及其原因之探討，工業安全衛生月刊，179期。

作者簡介：

鄭錦澤先生

現職：現任台北自來水事業處技術科正工程司、自來水協會編譯出版委員會編審委員。

專長：自來水工程規劃、設計、施工、操作及管理、工程品質及防災查核。

花蓮市自來水生飲之試行

文/蔡政翰

楔子

水，生命的泉源。

隨著人口急速增加及工業高度發展，天然資源加速耗竭伴隨環境污染日益嚴重，賴以生活的純淨水源變得愈顯重要，而飲用安全、潔淨、衛生的水更是全世界人類共同的願景，目前歐美日等先進國家，將自來水生飲當成生活中的一部分，且成為國際公認的重要社會生活水準指標。

台灣自來水公司第九區管理處（以下簡稱本區處）娑娑礮淨水場既為水處理產業當朝此目標奮進，然中國傳統忌食生冷的觀念根深蒂固，以目前國人普遍飲用水皆為取水煮沸後再行飲用的習慣看來，自來水生飲之推行必遭質疑與一定難度，為達此目標，首重推廣正確的飲用水常識。

適逢，花蓮市公所于花蓮市區打造 12 處公共藝術—『創意候車亭』硬體，結合本區處優質自來水生飲服務軟體，隨處就可在生活環境裡看到生動活潑的作品，等候公車休憩時更可飲用甘甜可口的優質水，拉進市民和公共空間的距離，並逐漸習慣生飲自來水的習性，循序漸進，逐步推廣，共同打造具國際觀水準的指標性城市。

一、前言

本淨水場原水來源為娑娑礮溪，平時水質甚佳，濁度約在 10NTU 以下（93 年 97.53%、94 年 92.60%、95 年 90.96%、96 年 96.44%）除了颱風豪雨季節（4-10 月份），溪水濁度瞬間飆高，雨後濁度迅速下降，恢復正常

低濁度，水質狀況極佳。

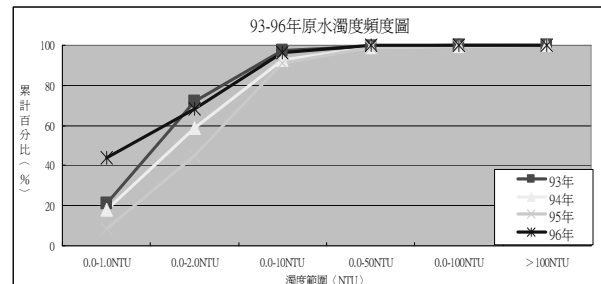


圖 1 娑娑礮淨水場歷年原水頻度

二、現況分析

為達到實施自來水生飲目標，水源區管理之工作及確保水質之安全，必先劃定水質水量保護區，實施保護水源、水質、水量之相關防範措施。

（一）花蓮縣娑娑礮自來水水質水量保護區

劃定：經濟部 93 年 12 月 23 日公告修正，經授水字第 09320223320 號函，涵蓋範圍為花蓮縣秀林鄉(部分)，面積 1768 公頃。

（二）花蓮縣娑娑礮飲用水水源水質保護區

劃定：花蓮縣政府 88 年 9 月 22 日公告，八八府環二字第 77881 號函，美崙河流域，甲類水體，面積 1,715.01 公頃。

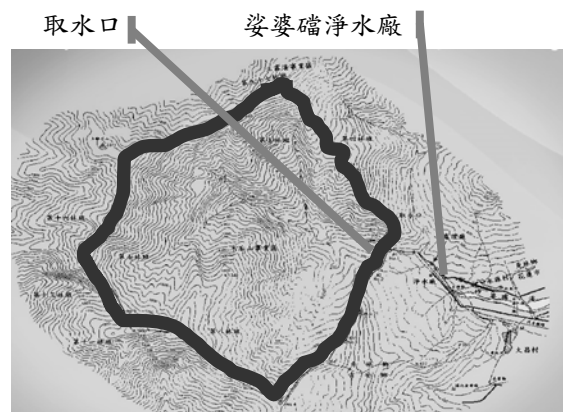


圖 2 娑娑礮淨水場原水源保護區位置

(三) 水源區安全防護

1. 建立污染源資料庫、水源區巡查與舉發。
2. 入山口管制哨由水源派出所員警駐守協同管制。
3. 取水口入口處裝設不銹鋼門（2 道門鎖）、即時線上監視系統及設立水源區警告標語，防止閒雜人員進入活動。
4. 水源水質線上自動監測（濁度及 PH）。
5. 生物性養魚原水水質監測試驗，觀察並紀錄魚類活動狀況，若發現異常，即依「水質異常」應變計畫，採取應變措施。
6. 縣環保局及區處檢驗室定期抽驗水源水質之大腸桿菌群、氨氮、化學需氧量、總有機碳等之檢測記錄均符合規定。
7. 駐場人員每日巡查取水口二次並詳實

紀錄。

8. 總處、區處、本廠不定期走動管理：若發現缺失，以書面紀錄交付改善。
9. 每年定期舉辦原水異常演練。

(四) 水源保護巡查

1. 水源保護巡查以「多重屏障」機制巡查。
2. 每日實施水源區巡查與舉發，一有狀況立即依緊急應變計畫處置。

娑婆磻淨水場歷經經濟部水利署連續三年舉辦淨水場操作管理輔導與評鑑計劃，在學者專家傾囊相授悉心指導下，提升本場管理與操作技能，生產水質在嚴格的品質生產管制下，水質物理性、化學性、細菌性及有效餘氯，皆遠低於國家標準值，原水及清水檢驗，都達到 100% 合格率，已經符合生飲標準。



圖 3 淨水場操作管理成效

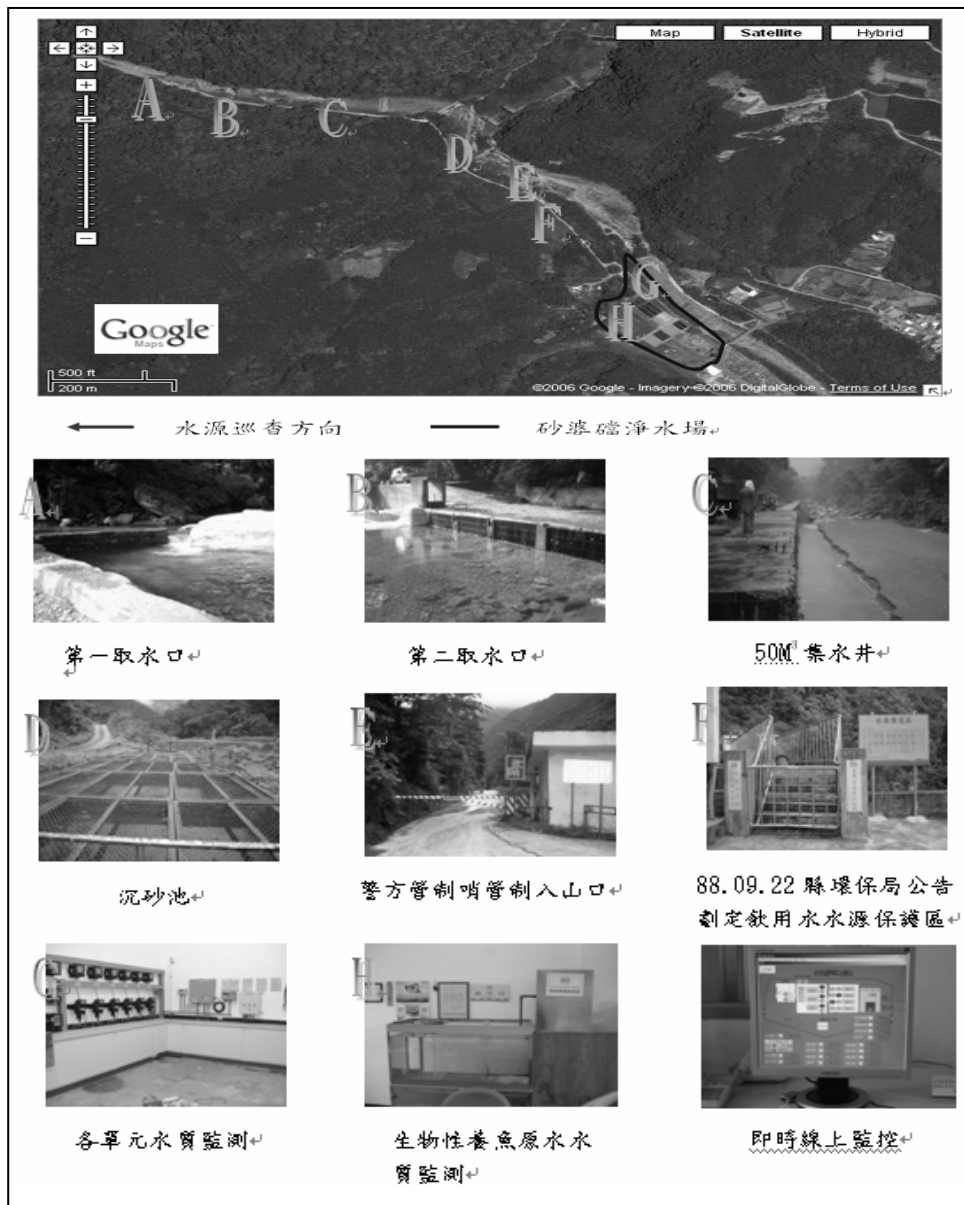


圖 4 水源保護巡查機制

三、創意公車候車亭生飲台設置

花蓮市公所于95年底採全國性公開競圖及模型徵件方式甄選辦理的「創意候車亭」，經嚴格評選，從眾多愛好藝術工作者中選出「鯨豚的故鄉」、「一棵樹、一棵種子」、「起飛、花蓮」、「洄瀾漫遊」、「有限創造無限」、「山水之歌」、「洄瀾日先照」、「候車的稻草人」、「微笑在花葉中綻放」、「屋與內心的對話」、「太陽傳說」及「揮

手」等12件作品，如圖5所示。鑑於花蓮是石頭故鄉，各藝術文化創作者，巧思靈動，匠心獨具以石材為主軸打造創意候車亭。12處創意公車候車亭生飲台經趕工後設置於花蓮市區，配合本區處輸水管線採用具有不易生鏽及韌性佳等優點的不鏽鋼管材，並特別加設活動過濾細網，可定期拆卸清洗消毒。同時各台外線配管，加設排水設施及凡而以利緊急排水洗管。



圖5花蓮市創意公車候車亭生飲台位置 (a)



圖 5 花蓮市創意公車候車亭生飲台位置 (b)

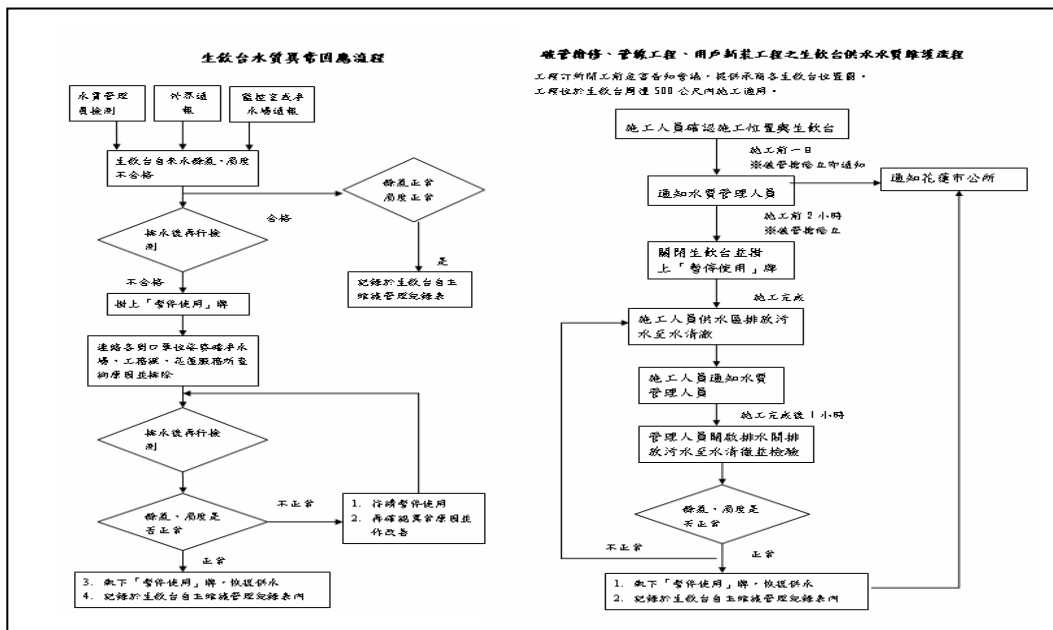


圖 6 原水異常 SOP 處理流程圖

四、自來水生飲試行

創意公車候車亭生飲台在各界引領企盼下，於 97 年 1 月 19 日在花蓮市門諾醫院前舉行啓用典禮，由花蓮市長蔡啓塔及水公司副總胡南澤與邀請來賓們共同暢飲沁涼自來水。藉由報電視、報紙、網路等傳媒

的感染滲透力，將乾淨可口的優質水逐步推廣，邁向自來水生飲的一大步。為確保生飲台供水水質安全無虞，花蓮市公所及自來水公司共同研擬『生飲台水質維護管理要點』，落實清潔維護及生飲水質檢測，每日各派員檢查維護 2 次共 4 次為原則（雙方時間錯開），

維持水質新鮮度及安全性。

每月由區處檢驗室定期採樣檢驗每座生飲台水質，並將檢驗結果公佈，使民眾能安心飲用，若水質發生異常狀況，水質管理人員立即依「生飲台水質異常因應流程」、「破管搶修、管線工程、用戶新裝工程之生飲台供水水質維護流程」、「生飲台水質不適生飲時緊急連絡對口人一覽表」處理。

五、結論與建議

- (一)、加強實施保護區水源水質安全維護及保護巡查，確保水質安全無虞。
- (二)、持續提升淨水場操作管理技能，提供質優量足自來水。
- (三)、定期供管線及生飲台設備檢查維護配合飲水衛生講習，加強自主維護管理，水質資訊透明化公開及定期舉辦活動宣導，以建立民眾對這些生飲台的水質信心。
- (四)、「自來水生飲之推行」，有助於觀光立縣的花蓮產業發展，進而使我國躋身國際旅遊舞台。
- (五)、推廣自來水生飲，有賴用戶管線及水池水塔清潔維護，若沒有定期清理，將成為自來水水質受污染的主要原因之一。

六、致謝

感謝花蓮蔡市長啓塔積極推動市容改造，在國內生飲條件未臻成熟的條件下，首創將『自來水生飲台』納入創意候車亭設施，由前任林經理建財積極推動配合，並由現任呂經理崇德排除萬難，傳承推動，致97.1.19

正式啓用。所有參與自來水生飲維護相關人員默默耕耘，辛勞倍出，再此一併致謝。

參考文獻

- 1、砂婆礑淨水場日報表，卷宗及緊急應變計畫，93-96年。
- 2、砂婆礑淨水場操作管理評鑑報告，93-96年。
- 3、『生飲台水質維護管理要點』，花蓮市公所及自來水公司編撰，97.1.19。
- 4、『生飲設備自主維護管理注意事項』，台北自來水事業處，89.11.29。
- 5、行政院環境保護署，飲用水全球資訊網，<http://ivyl.epa.gov.tw/drinkwater/>
- 6、經濟部水利署，自來水水質水量保護區，<http://welfare.wra.gov.tw/publicize/3-1.htm>
- 7、推動自來水生飲—導正被扭曲的自來水形象，國政評論，台北自來水事業處，史午康，2001.11.16。
- 8、花蓮12創意候車亭 喝杯自來水，中國時報，陳惠芳，2008.01.20

作者簡介：

蔡政翰先生

現職：台灣自來水公司第九區管理處花蓮給水廠 技術士。

專長：淨水操作、廢水處理、廢棄物處理。

考察澳洲藻類、隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲 檢驗、監測及淨水處理心得

文/張嬉麗、曾盛一、張光翹、藍炳樟

一、前言

微生物對飲用水中的影響，除細菌性水媒傳染病外，原生動物隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲的影響亦日益重要。自 1971 年確定人類會感染隱孢子蟲疾病及其分析方法建立後，人類對隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲的疫情漸明朗。1993 年美國威斯康辛州發生隱孢子蟲感染疫情，40 萬人感染，其中至少有 40 人死亡。世界其他國家如英國、加拿大、日本神奈川縣、澳洲等國也都有感染案例。台灣自來水公司(以下稱水公司)為維護飲用水的安全，瞭解監測水中隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲的重要性，自 2006 年起著手監測全省各水源原水及清水中的隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲含量，水公司雖已漸漸建立該兩原生動物的監測計畫，仍希望參考國外作法，以為檢討及改進。1998 年澳洲雪梨爆發隱孢子蟲疫情，事後雖證實為非事實，但已引起民眾的憂慮及信心的動搖，因此澳洲相關單位對隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲防疫的策略及作法值得學習。

另外，針對藻毒問題，水公司自 1980 年代即已開始斷斷續續進行各水源水庫中藻類的調查，惟當時只注意到藻類所引起水庫優養化問題及可能對水源水質所造成臭及色、味、及濾床阻塞等影響淨水處理問題，直至 1993 年及 1996 年巴西分別發生使用含藻毒素死亡，世界衛生組織於 1998 年訂定微囊藻毒在飲用水中的建議值為不得超過 1ug/L，水公司對藻類的關心轉為微囊藻毒的產生及處

理等問題上。水公司經一連串的學習與努力，在 2006 年開始進行水公司 20 個水庫的例行藻毒監測，直至目前為止水公司各水庫雖然藻毒數皆在 1ug/L 以下，大部分甚至在 0.16ug/L(最低檢測值)以下，但如何面對及處理藻毒仍是水公司所必須了解與研究學習，也因此選擇目前世界上，藻毒研究最為透測的澳洲水質研究中心為學習的標竿，並至其淨水場進行了解淨水處理程序，以為水公司藻毒處理的標竿。

二、考察相關機構簡介

(一) 南澳水務局

屬南澳政府所有，於 1995 年 7 月 1 日成立，其前身為給水工程處，成立於 1856 年。南澳水公司目前擁有 20 個淨水場、22 個廢水廠 25,000 公里供水管線、8000 公里下水道管線，員工 1300 人，服務人口數為 1.5 百萬。

(二) 南澳水質研究中心

AWQC(Australian Water Quality Centre)

是南澳水務局所屬的一個研究單位。本中心於 1933 年創立時是南澳水務局的一個分析實驗室，由於加入對客戶服務的採樣、分析、建議及加入化學、微生物、生物、水環境生態、廢水、底泥及污泥等研究而漸漸發展成現在具國際水準的研究中心。

本中心於 1974 年獲得 NATA(National Association of Testing Authorities, Australia 暫譯:澳洲國家試驗標準局)化學認證，1979 獲

得 NATA 生物認證，1997 獲得 ISO 9001 的品質認證。NATA 的實驗室品質認證主要是依據 ISO 17025(國際標準)為實驗室所遵循準則，以確保實驗室品質，顧客亦能據此對分析的準確性、正確性有信心。

(三) 聯合水質與處理研究中心 CRC(Cooperative Research Centre)

為澳洲國家級水事業的策略研究聯合中心(將於 2008 年 6 月 30 日改製成為 WQRA 【Water Quality Research Australia 澳洲水質研究中心】)，董事長制，主要在從集水區、水庫管理、水處理到用戶水龍頭的配水系統水質管理及降低健康風險相關的研究，主要目標在合理水價下提供優良的飲用水。CRC 由各界政府機關、研究單位及水事業 29 個單位(parties)所組成，其中最大的研究成員即是 AWQC(南澳水質研究中心)。CRC 目前有 15 計畫分屬 9 個研究主題在執行。CRC 總局即設在南澳水質研究中心內。

(四) 雪梨水務局

雪梨水務局為世界上有名的水務公司，每年平均營業額 20 億美元，員工 3000 人，提供約全澳五分之一人口的飲用水、暴雨排水、廢水及環境等管理與服務，並為政府各項水及環境政策之制定者與管理者。該公司目前每日供水量 140 萬噸，有五個主要水庫，及 Prospect、Illawarra、Woronora、Macarthur、Orchard Hills、Nepean、Cascade、Warragamba、North Richmond 等 9 個淨水場(Water Treatment Plant)，其中 4 個淨水場採 BOO(Built Own Operation)委外操作，供水部份由超過 21,000 公里以上的管線，構成 14 個供水系統，供應雪梨都會區約一百七十萬用戶。

三、參訪記實

(一)南澳水質研究中心 (AWQC)及 CRC(聯合水質與處理研究中心)參訪(96年10月30日)

1、簡報

南澳水質研究中心有 160 個員工，屬南澳水公司，故成員皆為水公司員工。又因本中心為 CRC 之最重要一員，故部分員工亦是 CRC 的重要幹部，本次拜訪的 Mr.Mike Burch 是南澳水質研究中心研究發展部生物研究的主任，亦是 CRC 的集水區到用戶類儲水部門計畫主持人；而 Dr.Dennis Steffensen 為南澳水質研究中心研究發展部生物主要研究，同時亦是 CRC 的副總裁。

本中心研究工作所涉及的層面有環境及自然水、淨水及廢水處理、飲用水、澳洲標準測試、廢水及品質管理等方面。本中心組織以業務而言，分為分實驗室(經常性業務)部及研究發展部。如以研究主題

分類，則可分為微生物、生物、原生動物、有機、無機、水處理實驗室等 6 種實驗室。本中心的業務 60%來自南澳水公司，40%來自非南澳水公司的業務，亦即 40%是商業行為。

2、有機實驗室參訪

主要利用氣體層析儀、氣體層析質譜儀、氣體層析質譜儀質譜、液體層析及離子層析等精密儀器，以美國水及廢水檢驗方法、美國環保署檢驗方法及澳洲標準檢驗法等方法(大部分皆已 NATA 認證)分析檢驗藻毒、消毒副產物、有機碳、農藥、揮發性有機氯化物、揮發性有機物、臭及味。

針對藻毒檢驗方面，目前以 LC—MS 方法檢驗 microcystin、anatoxin-a、nodularin、

paralytic shellfish poisons、cylindrospermopsin 等，其中酒類及啤酒中 ochratoxin 藻毒之檢驗已獲得 NATA 的認證，最近水中 microcystin 及 anatoxin 藻毒 NATA 認證亦將會獲得通過。本中心並沒有用 ELISA 方法(本國環檢所公告方法)進行藻毒分析，詢問結果，有機部門主任說明，該單位已準備進行 ELISA 方法的測試。

本實驗室全身淋洗設備就設在門口，並在走廊上設有氧氣測定器，實驗室內設有二氧化碳消防器、防火毯及洗眼器。洗眼器並每天放水沖洗維護一次。

3、無機實驗室

凡與水有關的飲用水、廢水處理、環境、底泥、土壤等物質的成分如陽離子、陰離子、營養源、重金屬等可測定。無機實驗室樣品直接放在走廊上，與水公司樣品皆儲放在冰櫃中之做法不同。

4、水處理小型模廠試驗室

規模不大。由後來的參觀發現其實南澳的水處理研究，大部分是在現場進行一定規模以上的模場(如 10 月 31 日所參觀的 Mount Pleasant MIEX plant)。

5、微生物實驗室

刷卡後始能進入實驗室，實驗室入口有員工相片掛圖，將員工依一般經常性列行工作人員(技術人員，20 人)及研究發展(研究員，9 人)分開展示。

本實驗室主要分四個單位；細菌、原生動物、產品試驗室(與水相關之各種產品測試)、研究與發展試驗室。除一般大腸桿菌檢驗、阿米巴原蟲外，本次參訪重點 Cryptosporidium 隱孢子蟲檢驗、Cryptosporidium 檢驗，除例行檢驗時以過濾濃縮免疫磁性抗體分離免疫螢光抗體分析法

外，2001 年開始用 cell -culture PCR 方法，本法在數小時之內能確定是否為感染性之隱孢子蟲，並用此方法研究氧化劑對隱孢子蟲孢子的效能、孢子對陽光及溫度的耐力及水處理及消毒劑對隱孢子蟲影響。為要求時效，並購置一台攜帶式 real-time PCR(即時聚合連鎖反應)檢測儀，於必要時可隨時至現場採樣分析。在經驗交流時，該中心研究人員認為本公司檢驗 Cryptosporidium、Cryptosporidium 檢驗的回收率經檢討能提升至 50~60%間，認為已相當不錯。

另外，本中心生物實驗室目前正進行各地江、河、湖及溫泉水中阿米巴原蟲的研究，由於全球暖化日益嚴重，阿米巴原蟲在水中活性越來越強，目前其影響雖仍在遊憩用水，對自來水源水雖仍無影響，但仍然要注意。

6、生物實驗室

生物實驗室主要為藻類及藍綠菌的檢驗與監測。本實驗室特點為平常即有 6 台顯微鏡進行例行樣品檢驗，每年 10 月至 3 月藻類樣品數，每個禮拜(5 天)約有 300 至 350 樣品，由 4 人進行鏡檢，夏天則會增加到兩倍量，由 6 人進行鏡檢。鏡檢計數採用手案計數器，參考圖鑑勝多，每年一次採購標準樣品，進行鏡檢能力測試，鏡檢人員的訓練由資深者直接進行師徒傳承訓練。經現場觀察發現其藻類樣品的固定方法，原先亦採用與水公司相同之油滴固定，但已改為以碘化鉀固定後，以自然沉澱濃縮，較不會破壞藻體。

註：南澳水質研究中心門禁管理：除進入大門須查證外，參訪外賓須由參訪人依序寫名冊並帶上識別證始能進入，各部門間化學部門、生物部門及微生物部門間仍須刷卡進入。

(二)、雪梨 Prospect 淨水場

1. 雪梨 Prospect 淨水場簡介

Prospect Water Filtration Plant 是雪梨水務局委由 Degremont 公司(法商迪格蒙特公司)操作 25 年(BOT)的淨水場,位於雪梨西方 35 公里名為 Blacktown 小鎮上,水源主要來自 Warragamba Dam 及 Nepean Dam 兩水庫(尚其他 3 個有水庫原水),是世界上最大的,一次就建造完成的快濾淨水場,提供雪梨市 85%人口的飲用水,即 350 萬人口,設計出水量為 300 萬 CMD(目前出水量僅約 110 萬 CMD)的淨水場。全場計有操作人員 7 人(工作項目包含機電、檢驗、導覽等)、行政人員 5 人、廠長 1 人。

2. 淨水流程 (如圖 1 所示)

(1) 原水

Prospect 淨水場水源主要來自 Warragamba Dam 及 Nepean Dam 兩水庫,其中又以 Warragamba Dam 水庫為主,Warragamba Dam 原水主要來自 8 條河川,集水面積遼闊(佔大雪梨地區集水區 16500 平方公里之 80%),污染源自然也較多(集水區汙染管制是由 SCD "Sydney Catchment Authority"雪梨集水區管理局負責),每年 6 及 7 月為該地雨季,營養源隨雨水進入水庫,跟著而來的是溫暖的夏季,藻類繁殖生長,本水庫優勢種藻類即是會產生微囊藻毒的 microcystis。本場原水水質風險除了有水華,即藍綠藻滋生問題外,在 1998 年發生梨形鞭毛蟲 Girada 及隱孢子蟲 Cryptosporidium 感染事件:為避免藻類的影響,在水庫水面下 40~50 公尺處取水;針對原生動物則每禮拜 6 天採樣進行原雪梨形鞭毛蟲 Girada 及隱孢子蟲 Cryptosporidium 的監測(樣品收集後送 AWQC 澳洲水質研究中心檢驗)。

(2) 原水前處理

原水(參觀當日原水濁度 5.3NTU、pH6.8)由管線送至淨水場,經過篩網以網除魚、鰻魚和樹枝等雜物後,以開放式溝渠進入淨水場後,經高錳酸鉀加藥點,於原水含高濃度錳時去除錳,更可加氯以氧化產色之物質(以上兩種藥劑是必要時才加)。高錳酸鉀加藥點之後,浚路即分兩路進行,並各自添加石灰(或硫酸)調整酸鹼度在 7.2~7.1。

(3) 膠凝

原水在調整酸鹼度後,由原先之 2 道渠減速進入 4 條(7.4 米深)長型膠凝接觸渠(contact channel)。於膠凝接觸渠渠道中先行加膠凝劑氯化鐵,然後利用一套可同步加陽性高分子助凝劑及石灰水調整酸鹼度至 8 以上之設備(如圖 2),參觀當日 4 條渠道陽性高分子助凝劑 polyDADMC (polydiallyl-dimethyl ammoniumchloride)加藥量為分別為 1.9、1.9、1.9、2.0mg/L, pH 分別為 9.41、9.13、9.20、9.35。pH 調整後之原水在進入過濾前,在膠凝接觸渠後端加助濾劑(非離子高分子 magnafloc Lt25 anionic polyacryamide)0.035mg/L,原水再流經一分流整流堰,分流至 4 大過濾區。

(4) 過濾

原水流經整流堰後,分流至 4 個長方形過濾區,每個過濾區含 6 座 Aquazur V 快濾床,每個濾床的過濾面積為 237.9m²,濾床砂深度為 2.1m,砂的粒徑為 1.7~1.9mm。濾床反洗為水洗加氣洗,濾床每天反洗 3 次,反洗廢水被送至濃縮池,加非離子性高分子以濃縮污泥,汙泥中固體物以離心脫水後,再送至乾燥床自然風乾後回收做堆肥再利用。

過濾水經石灰水再調整 pH 值，並添加氟及加氯消毒後貯存在 Hypalon 製的浮動式膜蓋的 10 萬噸蓄水池(兩座)，參觀當天清水 pH 為 7.81、餘氯量為 1.45mg/L、濁度為 0.05NTU。

(5) 實驗室分析所有進場或出場的水皆經自動監測或人工採樣檢驗水質，原水檢項有錳、藻類、真色、硬度、鹼度、溫度、濁度及電導度，清水則檢驗真色、味、色度、氟鹽、氯鹽、pH、鐵、鹼度、錳、鋁、導電度及濁度。

(6) 自動操作控制

全場由操作室自動控制，用 SCADA 管理系統作業。

(7) 後加氯

配水系統視需要用氯或氯胺消毒。

(8) 配水系統

供水只要分成 8 個主要幹管 4 個壓力管，主要供給鄉鎮地區，此 4 幹管採用氯消毒。另外 4 個幹管為重力流，主要供給雪梨市區飲用水，以氯胺消毒。

四、參訪心得

(一) 藻類、藻毒及隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲檢驗為本次參訪最重要目的，澳洲水質研究中心藻類鏡檢人員依照季節不同而調節，而鏡檢以碘化鉀固定後自然沉澱濃縮方式可為台灣自來水公司(下稱水公司)參考應用。藻毒檢驗該中心採取精密儀器氣體層析-質譜-質譜方式為水公司努力目標。

隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲檢驗則不僅使用水公司所使用之免疫染色鏡檢方法，而是運用分子生物學確認性具感染力的原生蟲，此亦可為借鏡的地方。

(二) 淨水處理

1. Prospect Water Filtration Plant 是每天 300

萬噸淨水場，建造完成並委託操作 25 年，由 7.4 米深的長型膠凝接觸渠及其渠中所放置特殊設計的加藥設施，可以了解到好設計與設備是成功的前提。

2. pH 控制在本淨水場似乎是相當的重要且容易，本場應用自動控制、流量控制及各種酸、鹼藥劑、石灰水、硫酸、氫氧化鈉等很精準的控制全場各流程中的 pH 值，此種作法值得學習。

3. 兩座各 10 萬噸的清水池亦是我們所追求的目標。

4. 針對 1998 年所謂的梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲問題，介紹者認為經該廠研究(研究報告資料太多不便提供)，該廠並沒有梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲問題，那是檢驗上出了問題，雖如此該廠仍進行嚴密的原生蟲檢驗監測。針對藻毒問題，認為該廠無藻毒問題，但有色及臭問題(進行藻類、藻毒檢驗監測)，必要時以高錳酸鉀及氯進行氧化處理。由本場的淨水流程設計及處理方式，可以了解傳統淨水處理即可處理藻類衍生問題，而利用助濾劑將清水濁度降低，是防止梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲問題的首要策略。

五、結論及建議

(一) 辦公室安全防護及工安衛是我們學習的目標。

(二) 淨水場能不前加氯宜盡量不前加氯，以減少藻體被壞釋出藻毒及消毒副產物的產生。

(三) 藻毒的處理最重要在水庫分層取水，經分層取水後以傳統淨水處理即可解決藻毒問題。

(四) 利用監測及助濾劑將清水濁度降低，是防止梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲問題的首要策略，因此如何讓環保單位認同

在低濁度時可添加助濾劑是水公司努力的目標。

(五) 由資料顯示 Prospect 淨水場河川原水從 2006 年 10 月 1 日到 2007 年 9 月 30 日一年的最高原水濁度為 148NTU，而平均最高者為 21.71NTU，因此淨水場設計可以不用沉澱池，了解要有良好的飲用水，水源的保護是不可或缺的，這亦是全民應負的責任。

參考文獻

1. 行政院勞工委員會公共工程「金安全」工作圈，96 年法制再造工作圈。
2. 曾傳銘，美國推動職業安全衛生的相關機構，工業安全衛生月刊，206 期。
3. Surry, J., 1968; "Industrial accident research: A human engineering approach, Toronto: University of Toronto Press.
4. 林楨中，營造業重大職業災害分析 — 不安全

行為及狀況，行政院勞委會勞工安全衛生研究所研究報告 OSH91-S312。

5. 林楨中、戴基福，營造業勞工不安全行為及其原因之探討，工業安全衛生月刊，179 期。

作者簡介：

張嬉麗小姐

現職：台灣自來水公司總管理處水質處副理

專長：水質管理

曾盛一先生

現職：台灣自來水公司總管理處供水處工程師

專長：環工，計劃管理。

張光翹先生

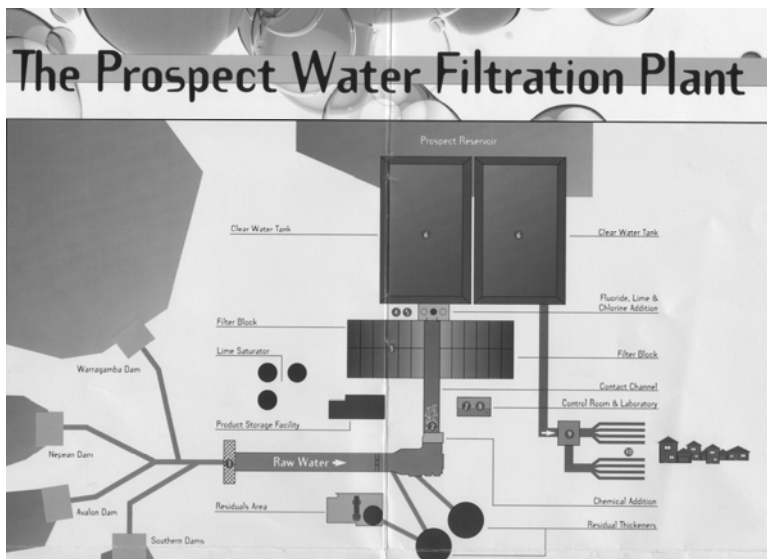
現職：台灣自來水公司總管理處工務處工程師

專長：機電、自動化資訊管理等

藍炳樟先生

現職：台灣自來水公司總第二區管理處經理

專長：企管、環工、工程規劃及施工管理



圖一、Prospect 淨水場處理程序流程圖



圖二、prospect 加藥設備



劍及履及的自來水產業專家—節省 400 億公帑的傳奇模範公務員 專訪台灣自來水公司董事長 廖宗盛博士



擁有豐富的經歷與跨領域的專業能力，無論上山、下海，由上游之集水區治理、中游的治山防洪到下游的污水處理、自來水經營皆見其足跡，亦留下其卓越之貢獻。

歷經經濟部技監、行政院公共工程委員會主任秘書、水利署副署長，廖董事長學驗俱豐，在水產業無人能出其右。

文／陳淑芬

楔子

近代管理大師大前研一在他的「專業」一書中開宗明義提到「如果能擁有比以往更高超的專業知識、技能和道德觀念；秉持著顧客第一的信念；好奇心和向上心永不匱乏，加上嚴格的紀律，這樣的人就是專業。」當訪談結束時，我看到如大前研一所描述的專業人士就坐在我的眼前這位曾榮獲水利榮譽徽、弼光一等、二等獎章且記功無數的模範公務員，具備了書中所要求的各項專業能力，不論是先見力、構思力、議論力還是矛盾適應力，他都有相當豐富的實務歷練，相信這種大師級的專業能力也就是他能榮膺台灣自來水公司董事長並兼任自來水協會理事長等重任的原因之一。

基於建立水公司知識傳承的機制，我們邀請廖董事長來與我們分享他豐富的經歷與生涯發展的過程，讓後生晚輩們能縮短學習曲線，減少摸索時間，有效提升競爭力。並且透過董事長的詳細說明也讓我們能更明白

董事長引領台水成為國際化企業的展望與決心。

緣起不滅

大家可能都不知道，在 22 年前，董事長就與自來水事業結下了不解之緣。「創新」，是當前全球都關心的話題。在訪談間，不難發現廖董事長總是把變革與創新的種子埋藏在他所參與的專案之中，並使之發芽茁壯。

釜底抽薪解決大台北地區缺水之窘境

民國 76 年，當他從台北市政府衛工處副處長調任台北自來水處工程總隊的總隊長時，適逢大台北地區面臨嚴重缺水的困境，經他審慎分析評估後，發現淨水場的處理速度慢且供水系統不足，導致翡翠水庫豐沛資源無法及時供應至用戶端，而造成缺水。因此他在總隊長任內帶領工程總隊員工，全力打拼擴建 3 座 50 萬噸的淨水場，3 條重要輸水幹線，透過這些創新的工程陸續完成，解決了大台北地區缺水之窘境。除提供質優、

量足的自來水外，並奠定了大台北地區至民國 110 年可免於缺、限水之苦的基礎；廖董事長一再表示，特別感謝一起打拼的伙伴，值得寬慰的是目前台北自來水事業處中重要職位大都由當時一起打拼的同仁所擔任。

知識創新的開源方案

為解決民生社區與內湖等地區的配水問題，經廖董事長努力奔走，向空軍總部洽妥以有償撥用方式，興建地下十萬噸配水池、停車場及 14 層辦公大樓，解決台北市東區供水不穩定及未來需求之問題，也因而為北水處增加至少 40 億的資產。此外，在任職北水處副處長期間，在當時處長的支持下，廖董事長除了向台北市政府及市議會溝通順利提升水價(由 4.8 元 提升至 7.5 元)之外，還替民眾爭取到每噸水提撥 0.2 元作為新店溪水源特定區之回饋費用，這也是史無前例的創舉。

榮獲自來水協會所頒發的自來水從業人員最高獎勵

在從事公職期間，他總以服務萬民為職志。董事長在北水服務的任內，全力以赴把四期落後的進度趕上，並規劃了北水五期計畫以增加北水的應變能力。他透過許多創新的作法，引領北水由「量的滿足」進化到「質的提升」。雖董事長已離開北水十多年了，但北水的五期計畫仍持續執行中，這些有遠見的規劃都是穩定大台北地區供水的重要工程。然而，也因這些特殊的功績與貢獻，董事長得到了中華民國自來水協會所頒發的自來水從業人員最高獎勵的肯定。

運用專業能力替政府敦節超過十億的經費

時間回到民國 83 年時，廖董事長在經濟部擔任技監，當時經濟部的江丙坤部長指示他對水利業務要多費心。董事長回憶說：「當時有個專案是建構從集集攔河堰送水到六輕的工業供水管路，全長 44 公里。有次代表當時的李次長去參加一個區域計劃的簡報，他們報告說漏水率要用 30% 來計算，若是整個工業管路的供水量以 86 萬噸來計算，則要漏掉二十幾萬噸。水資源如此寶貴，怎能如此浪費？與會後便專簽向江部長稟報不宜如此執行，經部長核示後將管線改用自來水的零漏水率的標準重新設計。從設計、興建到完成他都全程親自參與和指導，該管線通水迄今皆無任何問題與故障發生，而因設計變更省下的經費超過十億新台幣。」

這十億經費加上維護成本所省下的金額令我驚訝，如按每年通貨膨脹 3% 計算，廖董事長透過這個專案替全國人民的荷包省了不少錢。

細說從頭

人生的歷練與面對人生的態度

董事長他在成大唸書時就領取了省政府的優秀青年獎學金，服完兵役後，即被派任到台灣省土地資源開發委員會，主要負責海埔地(現六輕，彰濱，王功等海埔地)規劃與開發。任職八年中皆戮力參與，從地點的選擇探勘、定海岸線型狀、測量、施作都是親力親為。

民國 61 年，董事長任職設計科長、兼任台西海埔地工務所主任，同時還在成大攻讀碩士學位以精進學理基礎。雖公務繁重，仍於兩年內取得水利碩士學位，足見其專注力與毅力，而這段時光對他的人生而言極為重要。同時於 63 年考取省府公務人員公費留

學，赴美國科州州立大學(CSU)進修，以一年時間取得土木工程碩士學位；而後因省政府事業精簡，因而轉到水利局的企劃處海堤課負責海堤規劃相關工作。

民國 65 年，當時水利局第十工程處的張處長，延請他回台北接任淡水河洪水預報隊與淡水河水利觀測隊的隊長。董事長透過當時洪水預報的系統，延伸到根據雨量的資料更精確預測可能淹水的狀況，他所建立的這個觀念奠定了淹水潛識圖基礎的由來。

民國 67 年，廖董事長就任全省最年輕(35 歲)且學歷最高(雙碩士)的花蓮縣建設局長。當時的建設局，幾乎涵蓋了縣政府三分之一的業務。從言談間不難發現他對於花蓮的喜愛，董事長提及他當時已看到花蓮將是一個未來的觀光之星，因此建請長官禁止蘇花公路到太魯閣沿線進行開礦，這份有前瞻性的遠見想必就是我們今日還能保有太魯閣這份好山水最重要的原因。

當他要離開花蓮縣時，吳水雲縣長送他這幾句話「任職四年八個月在花蓮縣政府期間，所完成道路橋樑，面積長度比光復三十年還多。」這是吳縣長的肺腑之言，也是由廖董事長夙夜匪懈的努力所堆砌出的成就，相信其功業在花蓮縣發展過程中定能名留青史。

民國 73 年，擔任台北市政府的工務局衛工處的副處長，主要的任務就是興建污水下水道。當時觀念推廣很辛苦，晚上常要到各鄰里去開里民大會說服民眾。現今能有近七八成普及率，決不能忽略當初辛苦宣導推廣的功勞。

在 921 大地震時，董事長任職於行政院公共工程委員會主任秘書並兼任行政院緊急災害處理小組的執行秘書，地震一發生就馬

上趕到行政院開會，他當時針對二十幾萬無家可歸的用戶提出幾項紓困方案，一是優惠國宅，二是提供公有建築物，三是做臨時組合屋，四是發給租金補貼。其中租金補貼的貢獻最大，並獲當時救災總指揮劉副院長兆玄之支持，得以協助二十幾萬住帳篷的受災民眾順利解決住宿問題，將無家可歸的總數迅速降到五千多戶。然後又即時前往日本神戶取經並尋求協助，因透過當時的副總統連戰先生與其親戚的協助，承兵庫縣的縣長(縣知事)，同意無償提供三千戶的臨時組合屋以供台灣災區使用。不只如此，他在災後擔任主任秘書期間，每天大概從九點到夜裡兩點之間都在審查八個縣市的災區所提出的將近八百億重建預算，經他實地勘查配合其專業素養並與地方充分溝通後，至少為國家節省超過 348 億的公帑。不僅僅如此，他還在短短的時間內匯報復建需求，提交行政院院會審議，並獲當時蕭前院長同意及院會通過。”先發包後補列預算”的重要決策，加速災區的復建。當時蔡兆陽主委曾對他說：「過去聽說你很能幹，但是經過這次災害應變處理的過程後，更加確認你真的很能幹」；有了這句話，讓他幾個月來焚膏繼晷的辛勞瞬間都化為烏有。後來，董事長因而獲得了公務員很少見的「一次兩大功」獎勵，然而這一切救災的成果董事長並不居功，反而說要特別感謝蔡主委願意給他這樣的機會，並感謝一起辛苦的同事。

而後又調回經濟部擔任技監，民國 93 年艾利颱風，在桃園大缺水的 19 天，何美玥部長指派他代表經濟部駐地督導，他總希望能儘快解決缺水的問題，即使將近七、八天都沒回過家休息，他都在所不辭。

大家都知道，在職進修台大博士學位是

不容易取得的，而董事長卻能在四年內用 Part Time 的方式完成學位，這或許已創下最短時間的紀錄。他回憶說：「當時常自嘲自己是清教徒，因週一到週五公務都很繁忙，因此周六、週日都足不出戶在家唸書，所以，才能用四年時間完成博士學位。」如此卓越的成績一方面歸功於他自己的努力不懈，另一方面他仍不忘要感謝當時指導的師長與協助的同學。

很多人在董事長這個年紀光唸個 EMBA 就讀得很辛苦了，更遑論這麼困難的工程博士學位，我很好奇這麼困難的事他是怎麼做得到？他說：「其實最主要是一定要對自己有信心，要設定目標用毅力去完成，這樣就能克服很多意想不到的困難。」而他也本著這份面對困難的毅力與堅持，順利通過了許多人生中艱困的考驗。而當我看著他笑著訴說他如何面對過去種種莫須有的困頓，言談間沒有絲毫的怨天尤人，這種寬大為懷的胸襟著實令人欽佩不已。

經營理念與管理風格

一、自來水事業經營理念

台水的售水量約是北水的五倍，但人員的編制卻不到北水的五倍。台水的用戶分佈幅員廣泛，公司的資產大概將近兩千五百億，負債約四百六十億，一年的營業額大概只有兩百七十億，從資產報酬率而言是較低的，但若從實際面來看，台水其實肩負了很多照顧弱勢與偏遠地區的责任，因此董事長勉勵全體同仁透過快速服務(QuICK)經營理念的落實來共塑優質之企業文化，以因應未來更艱鉅的挑戰。

二、QuICK 的經營理念

Q 是 Quality，就是品質。董事長說：「品

質的理念就是全面品質的控管。從設計、施工、供水品質到服務品質都必須在品質規範之內，才可能生產出優質的產品。」這也是他最重視品質的原因。

I 是 Innovation，就是創新。董事長說：「因為世界一直在進步，雖然管理上說不創新就死亡，其實是沒那麼嚴重，但我想我們能盡量在日常營運裡創造新的作業模式，這就是創新。舉例來說：以前收費都固定每個月統一收，但現在改成滾動式的收費，每天都能有收入，對公司而言資產就會增加，另外，像如何活化閒置的資產、及時解決問題、建立新服務模式等等，這些都屬於創新應用的範疇。」

C 是 Credibility，就是值得信賴。董事長說：「整個公司的作為要能讓民眾信賴。當然，要取得信賴是件相當不容易的事，所以我覺得我們要超越顧客滿意，而讓顧客產生感動，以真誠的服務來獲取 601 萬客戶的信賴。」

K 是 Knowledge，就是專業。董事長說：「我們以核心技術為經，輔以管理技術為緯，透過跨領域的學習與跨文化的溝通，配合終身學習的觀念以為同仁們專業的礎石。」

董事長說：「我提出這 QuICK 的理念，因為加一個 u 就有 QuuICK 的意思，所以，水公司在經營上須提供快速而有效益的服務，期能成為值得顧客信賴而且讓顧客感動的國際化企業，這就是我們追求的一個理想。」

三、落實經營理念的執行方針

首先，事業的經營要靠人，所以要塑造一個優質的企業文化。具體上來說，在人事管理上首先要在人事上端正政風，人事升遷能夠公開公正，讓認真工作的人能夠獲得上

級的青睞，獲得適度的獎勵，就能鼓舞士氣。

其次，因為去年的五月一日台水由省營的單位，正式改為國營的單位，所以相關員工的士氣，員工的權利都必需要確保。

再者，員工常會抱怨別的單位都能領 2.6 個月的績效獎金，水公司有時候卻很少或沒有。董事長說：「思考如何把水公司的績效展現出來，為員工爭取他合法、合理的權益，這是我認為在鼓勵士氣上最重要的一點。」

當董事長談起自己的管理風格時，原只說了「風吹草偃」四個字。而後才又補充說因為上行下效，所以他都是以身作則，配合走動式的管理，凡事皆有原則，卻也能因地制宜，允許合理的例外。他還提到「勿因善小而不為，勿因惡小而為之」。他說，只要獎優罰劣，士氣就來了，因此他都親臨現場去瞭解，不會光憑報告就處理事情。聽到這裡，我想水公司的人才終將崢嶸頭角。

超越顧客滿意的服務理念

一、強化「及時報漏與即時修漏」的效益

董事長說：「由於供水服務範圍幅員廣大，所以常因一些不可抗力的原因導致無法順利供水的問題，因此我們要建立區域之間的相互支援的系統，以確保供水效益最大化。以前民眾也常詬病，漏水修理的遲延。因此，我們希望能降低漏水率，並鼓勵民眾來報修，建立 0800-000-876 報修專線，另外我也指示我們經營部門，現今手機使用率相當高，也要建立一個手機報修的免付費機制，以提高民眾報修的便利性，進而達到及時報漏與即時的修漏的效益。」

二、建構 24 小時內恢復供水的無感停水機制

所謂的無感停水機制，是因為目前正規的設備若僅停水一天以內，民眾該感覺不

到，因此，董事長說現在要求所有計畫性的停水時間都不要超過 24 小時。

三、建置高感度(High Touch)的客戶服務架構

關於客戶服務方面，董事長提到他希望能建構一個超越顧客滿意的服務模式，目前已規劃透過 Call Center 的機制從以客為尊為起點，迅速且及時的回應顧客需求，以有效提升客戶滿意度。另外，關於陳部長所指示的 On-line Services，也在持續規劃建置中，未來的新裝業務，復水申請等與民眾相關的服務，都能透過標準作業程序(SOP)，讓民眾由網際網路上查詢所申請的案件辦理情形與相關資訊。

四、打造高質量供水品質監控機制

在水質監控方面，董事長也提到：「在部長指示下管線末端壓力不足的改善計畫將列入重要計畫中。未來將透過量、質與壓三方面的改善，有效提昇整體供水品質。另外，目前水質管控能力已能從原水到清水一覽無遺，未來必需要將品質監控機制推廣到供水服務區，包括用戶端，以強化服務客戶的能力。」

五、關懷弱勢並提高用水普及率

在澎湖一度水只收十元的水費，但對水公司而言成本卻超過台幣九十元，董事長說：「這是我們對少數用戶的一番心意。」另外，在董事長甫上任的一箇月中他的足跡遍佈 31 個內外單位。在親臨了解現況後，他發現南部地區有些低收入戶，即使管線已接到了家門口卻仍無法使用自來水，因支付不出接到用戶家裡的費用，而這筆費用亦非水公司有負擔的，這或許該配合社會福利的制度，來協助解決，以提升用水普及率，讓全民都能享有相同的水資源，而這是董事長心中的另一個體恤弱勢的課題。

面對大自然環境變遷的因應之道

我們都知道，自來水的產出與原水關係密切，而最近關於全球暖化一直被提及。因此，我請董事長談談關於水公司要因應自然環境變遷的看法。董事長說：「全球暖化，最主要會造成一個極端值的變大或變小，根據台大許晃雄教授，針對台灣 100 年間的資料所進行研究，發現 100 年間冷的時間更短，熱的時間更長，然後高的溫度上升，低的溫度下降。這對於自來水的影響就在於供需之間差距將越來越大。將來要因應這種雨量的變化必須在整體水質處理方面提昇技術，另外需增加應變的備載容量，以增加應變的彈性。在處理技術的提升方面，面臨這種高濁度成爲常態的情況，要研究如何改善，這大概只能從人才的培育著手。」

建構學習型組織，提昇企業核心競爭力

彼得·杜拉克說：「我所遇見的成功商業人士都認爲，必須做好工作，我之所以樂在其中，是因爲我樂在工作」；而這也正是「學習型組織」和一般組織的差異。關於這個部分，董事長說：「在很多企業中管理者都說，人最重要。雖然我們是國營事業，但還是依公務體系發展，對公務員而言，有一些相關法規必須遵照，在進用方面我們的待遇大約都能找到適當的人，這所有的同仁也正是水公司最爲重要的。」

一、建構終身學習的學習型組織

彼得·杜拉克說：「任何一個有知識的人，只要在 4 或 5 年內沒有學習新知，就會跟不上時代。各領域的知識變化太快，每隔 7 年就會折半，除非知識工作者在工作上不斷學習，否則很快就會落伍」。董事長說：「專

業的部份就必須將訓練，升遷，考核制度相結合，要想升遷到什麼職務就必須經過什麼訓練，讓好的人出頭以鼓舞士氣，也讓有潛能的人才出頭，結合考績建立合理的公平的升遷制度，獎懲分明，才能達到獎優汰劣的趨勢。但最重要的還是要強調『終身學習』，雖然我當董事長，但我在空閒仍看書吸收新知，所以這也是必須鼓勵同仁的。」

二、清廉自持

身爲公務員重要的就是要清廉自持，也就是：不敢貪，不願貪，也不能貪。董事長說用這個方式來處理採購案件與相關的業務，這是我們要求同仁都要做到的。

三、織就跨領域學習，跨文化溝通的學習之網

董事長說：「所謂的經國之事不可言傳」，因其不可言傳，所以好的員工要把他遷調上來，讓他有合適的環境去體會。當然也要對他加以觀察，有些人碰到問題就退縮了、不做了，這樣就不會成長。有些人是碰到問題可以克服問題，解決問題，這樣他就會成長，這就是未來的可用之才。除此之外還要培養員工的第二才能，舉例來說：在很多時候，做土木的都不接觸機電，但實際上，這做土木應該要知道機電，做機電的要知道土木，這就是跨領域學習。在跨文化溝通方面，到了原住民地區就要了解原住民的想法，才有辦法順利推展業務。做到跨領域學習與跨文化溝通，才能從容應付瞬息萬變的產業環境。

四、提昇自來水產業技術量能

董事長說：「身爲自來水產業的龍頭，我們深知惟有整個產業技術能力的提升，才能有效提升自來水服務的品質。因此未來訓練場地完成後，我們的訓練服務不只是針對員

工，還要為廠商的員工提供訓練，為提升整體產業的技術量能盡一份心力。」

未來發展理想與願景

廖董事長自上任以來，不論是在經營理念或是在人才養成培育方面，都以成為國際級的水事業標竿企業為願景，如同他以往執行每項任務一般的宵衣旰食，持之以恆。非常具有創新因子的董事長說：「水處理事業並非只能侷限於現有的供水服務，還有其他可能的機會，比方說，針對豪宅或高單價住宅透過管材質量的提升以增加開源業務的可能性。再者，在現有的 613 萬戶之中，大型用戶大約有一萬九千多戶(指使用的水表超過 50 mm 的，就是 5 公分口徑的水管)，而這些大用戶的用水量就佔全部用水量的 30%。根據 80/20 法則(Pareto Principle)，只要針對 20% 高消費客戶投入就能營造出 80% 的產出，因此我們可以對這些大用戶提供更多的服務，提昇整體服務品質，並減少內部資源的損耗，以取得最佳化的營運績效產出。」

期勉同仁

董事長不改其風趣幽默特質，分享了一個我從沒想過的事，他說水公司全日供水量 860 萬噸可以盛裝於 143 億支的啤酒瓶之中。而要想這一天中的 143 億支啤酒瓶的水都不出問題，實在是件很困難的事。這非得要水公司上上下下的同仁都盡心盡力、戰戰兢兢去處理才不會出問題。而且每位同仁都要各司其職，每個螺絲都不能鬆懈，才可能完成這個艱鉅的供水任務。

訪談最後，董事長仍一本初衷的鼓勵同仁換個角度來看待工作，他說每位同仁做的事都是在提供人類生命三要素中最重要的一

項，而有這個機緣讓你來從事這個功德的工作，是多麼難能可貴。他勉勵同仁能把這個工作當成志業(Career)，而非僅是職業(Job)。

這次訪談對我而言，就像真的跟著廖董事長一會兒去勘察集水區，下一秒去台西的基地體會建立海埔地的艱辛，彷彿上了堂比 MBA 課堂中個案分析更精采的管理哲學與人生智慧課。董事長的高瞻遠矚、洞察世變、堅定自持、勇往直前、終身學習、常懷感恩心……等等特質，讓我印象非常深刻。這麼經驗豐富的領導人其卓越之經營管理能力，一定還有許多的值得我們學習之處，希望未來能有機會再邀請董事長與我們分享。而我也迫不及待想見到台灣自來水公司在廖董事長匠心獨運、英明睿智的領導下所呈現的豐碩成果。所有與本次廖董事長專訪相關知識分享的影音資料，都將於整理後存放在 OPEE 專案的網站中，也歡迎所有對自來水領域的經營管理、專案推動或持續改善有興趣的水公司同仁，都能連上網站([Http://OPEE](http://OPEE))點閱，並分享您的寶貴經驗。

人物簡介

廖宗盛先生

現職：台灣自來水公司董事長

專長：水源開發、防洪工程、海岸工程、自來水、污水工程、環工、政府採購、橋樑、道路、建築等

作者簡介

陳淑芬小姐

現職：智磊知識服務股份有限公司行銷暨業務副總經理

專長：精專於行銷管理、知識管理及組織變革與創新管理相關方案規劃。

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		
7-8 Feb. 2008	IWWA Convention 2008	Indore, India	Journal of Indian Water Works Association
	www.iwwa.info/AnnualConventions/40th_AnnualConvention.htm		
27-29 April 2008	The 9th China Int'l Water Supply & Drainage and Water Treatment Exhibition	Shanghai, China	中國環境科學學會
	www.wsdwtf.com		
21-23 May 2008	IWA Conference at Aquatech China	Shanghai, China	Amsterdam RAI
	www.show-info.nl/aquatechchina2008/e/home		
02-04 Jun. 2008	Membrane Technologies in Water & Waste Water Treatment (Regional Conference)	Moscow, Russia	IWA Specialist Group on Membrane Technology
	www.iwamembranes.ru		
24-27 Jun. 2008	International Symposium on Sanitation and Environmental Engineering	Florence, Italy	Organising Committees
	www.andistoscana.it		
23-27 Jun. 2008	Singapore International Water Week Convention	Singapore	International Water Association
	www.iwahq.org/templates/ld_templates/layout_633184.aspx?ObjectId=668442		
16-18 Jul. 2008	4th Biennial International Young Water Professionals Conference	Berkeley, USA	International Water Association
	www.iwa-ywpc.org/templates/ld_templates/layout_654239.aspx?ObjectId=654242		
08-12 Sep. 2008	6th World Water Congress	Vienna, Austria	International Water Association
	www.iwa2008vienna.org/i8/		



國際自來水瞭望台

文/范家瑋

亞洲：亞洲開發銀行警告需謹慎考量水資源管理 (11/12/07)

亞洲開發銀行在其新一期的報告中指出，適當的管理措施是目前亞洲開發中國家急需著眼的關鍵。各國的相關單位必須重新審核該國的主要水源，以避免面臨水資源安全的危機。

由斯德哥爾摩水獎 (Stockholm Water Prize) 獲獎者 Asit Biswas 教授領導的專業團隊在其撰寫的《亞洲水力發展前景》(The Asian Water Development Outlook) 一文中提到，為了保護全國的水資源，各地區的政府單位都應針對關鍵區域著手，以確保整個地區的水域及人民的用水安全。

Biswas 教授指出：「目前大部分開發中的亞洲會員國已經備有足夠的知識、科技、及專業能力來解決所有現在及未來可能面臨的水資源問題。因此，我們可以很有把握地推論這些國家未來將不會因為實質的水資源缺乏而引發危機。」

然而 Biswas 教授也補充：「即使未來某些位於亞洲的開發中國家不幸爆發水資源危機，其原因多半歸咎於不當的管理，而不是水源的缺乏。」

除了上述論點外，文中特別強調的議題還包括提供水利產業的專業人士進修的機會、探討環境需水量、及研究伴隨食品/能源生產等各項發展所產生的連帶效應。

此外，這份附帶一份互動光碟的報告明確指出著眼水資源與其他重要發展相關的項目如能源、食物、與環境間相互關係的迫切性：「亞洲國家未來的發展並不僅僅建立在上述幾項發展中，更重要的是它們之間互相的影響及連帶牽動的結果。」

報告中也探究一些目前尚未深入研討的部份，如因城/鄉間人口遷移及老年人口增加所導致的人口統計資料上加速的變化等；諸如此類的變化對於水資源管理都有一定程度的影響。報告中指出：「如果下水道設施的功用僅被狹隘的定義為收集未經處理的汗水，再將其轉運到其他區域造成當地淡水水源的污染，那麼許多開發中國家將於近十至二十年間承擔其水資源安全的風險。」

為了更進一步改善現狀，報告中強調各國應慎選優質的研究結果並客觀的加以分析，再將於南南地區獲得的知識與經驗應用於亞洲地區。

總體來說，Biswas 教授及其團隊對於亞洲水資源的前景抱持著謹慎卻樂觀的態度。他們於報告中指出，以亞洲地區目前的知識、經驗、及科技看來，大部分的亞洲開發中國家已經具備了解決可能遭遇到的水資源問題的能力。除此之外，即使水源的缺乏在亞洲某些地區可能造成一些限制，真正導致問題的主因其實還是不當的管理措施，而不是實質上的水源匱乏。

針對都會地區，《亞洲水力發展前景》對許多亞洲都會中心的飲用水品質持續表達關切。特別是不當的廢水管理方式及更安全有效的處理辦法方面更是被提出嚴重警告。

文中提到：「由於對廢水處理法的忽略，亞洲許多都會中心及其周圍的水體經常受到嚴重的污染。這種情況除了危害鄰近居民的健康外，還威脅到整個生態環境的發展。為了改善現狀，各政府必須以物質、社會、經濟、及環境等各項因素提供的可靠數據為基準，建立更有力的政策。然而，這些資料往往卻是許多國家目前所缺乏的。」

解決都會地區飲用水及廢水處理的問題不但需要強力的政策來推動社會大眾同步改革，適

當的財務及管理支援和全國各階層密集的配合及處理能力的提升都是不可或缺的重要元素。

期間，亞洲開發銀行的總裁 Haruhiko Kuroda 也呼籲亞洲及太平洋地區的所有國家一起從根本開始修正水資源的管理及維護辦法，為未來打造一個更安定、穩固的環境。除此之外，他也在第一屆的亞太水資源高峰會中表示：「我們應該囊括各層面的社會和經濟發展，從更深、更廣闊的角度來看水資源及其他相關議題。

他並要求各地方政府在各方面全力支持，不僅提出更具前瞻性的實際行動，更要進一步的擬訂從地方、國家、以至世界各地的改革議程。

英國：研究對於負擔水資源管理費用的能力 提出新的建議 (08/01/08)

英國政府將其針對水管理負擔能力的研究發現公諸於世。在這項位於英國西南方，為期兩年的研究中顯示，當地由於廢水處理的改善，使得許多鄰近的海灘排水量增加。這項發現對於世界各地付擔能力受限的國家提供了一項水資源利用的典範。

這項由英國的環境、食品暨鄉村事務部 (Department for Environment, Food & Rural Affairs, 簡稱 DEFRA) 執行的前導計畫目的在於研討政府的補助金、水的利用率、及計量等措施對低收入戶帶來的綜合效應。

除了 DEFRA 外，這項研究還聯合了西南水公司 (South West Water)、自來水消費者協會 (the Consumer Council for Water)、及經濟層面的調節單位 – 英國水務辦公室 (Office of Water Services, 簡稱 OFWAT) 共同舉行，並派遣西南水公司及東南亞國協東部成長區 (East ASEAN Growth Area, 簡稱 EAGA) 共同完成實地測量，再由英國水務署 (Water Resarch

Council, 簡稱 WRC) 獨立進行成果評估。其中共 520 個家庭參與，耗資 £61,135 (約 121,071 美金)，連帶的獲利則估計為 £644,248 (約 127 萬 5 千美金)。

結果顯示，此項前導計畫的獲利為支出成本的十多倍，因此整體上看來是符合成本效益的。其中最大筆的收益來自於獲利津貼及將水的供給從不計量改成計量式的收費 – 用戶水費平均降低了將近 50% 之多；而符合標準的民眾平均每星期還可節省估計至少 £20 的開銷。

環境管理部長 Phil Woolas 表示：「水的付擔問題不僅僅在西南地區是項嚴重的問題，全國各地都可能面臨類似的風險。除此之外，目前仍有許多對於各地區的弱勢家庭有很大幫助的措施，值得深入考量。」

他補充：「很明顯的，這項前導計畫對於支付能力的問題並沒有提出一項實際可行的解決方案。這不僅再度證實了此項議題的複雜性，同時也需要水利部的所有關係人持續合作，以便找出更合適的因應策略。」

Woolas 力勸英國各地的自來水公司仔細研討這次計畫的結果並從中學習。除此之外，針對水的管理，英國政府目前正在開發一項全國性的策略，細想氣候轉變、需求增加、及人口和各項發展的增長對水環境造成的壓力及因應措施。屆時水的承受力、排放量、及關稅等都將是此項策略的考量內容。

英國水務辦公室這次計畫的發現及涵義表示滿意。消費者保護委員會會長 Andrew Dunn 表示：負擔能力是一項頗具複雜性的議題。有困難支付水費的民眾對於其他方面的財務支出應該也有相當的困難度。因此在促使消費者掏腰包之前，政府及相關單位應該確保民眾得到各方面應得的利益。(摘譯自 Water21 - magazine of the International Water Association 2008, 譯者范家瑋)

中華民國自來水協會第十六屆理、監事會第六次聯席會議紀錄

時 間：民國 97 年 1 月 31 日（星期四）下午 4 時

地 點：本會會議室(台北市長安東路二段 106 號 7 樓)

主 席：廖理事長宗盛

出席理事：廖宗盛 郭瑞華 陳福田 黃慶四 胡南澤 賴文正 王桑貴 吳振欽 謝啓男
王池田 鄧志清 高文浩 楊水源 張明欽 黃進財 陳曼莉 孫新惠 楊清和
林連茂 宋金順 蘇金龍 林 岳 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 呂鴻光 蔡茂麟

請假理事：李公哲 王文賢 黃志彬 葉宜顯

請假監事：翁自保 謝堯煌 施澍育

列席人員：許培中 劉家堯 王魯人 李美娥 蔡麗劉玉李 管惠嬋

記 錄：王魯人

一、主席致詞：各位理、監事大家好！

新春伊始，在此先向各位理、監事拜個早年，祝各位身體健康、事事如意、家庭美滿。現在我們就依照議程進行會議。

二、報告事項：

(一)、祕書長綜合報告：詳如議程書面資料(略)

結論：1.由台灣自來水公司規劃整理之配管施工人員訓練場所已接近完成階段，訓練工作協會宜儘速配合規劃進行，俾方便中、南部工程施工承商工作人員參加訓練講習之用。

2.餘同意備查。

(二)、各種委員會工作報告：

國際事務委員會報告：詳如議程書面資料(略)

結論：同意備查。

編譯出版委員會報告：詳如議程書面資料(略)

結論：同意備查。

會務委員會報告：詳如議程書面資料(略)

結論：同意備查。

(三)、會務工作報告：詳如議程書面資料(略)

結論：同意備查。

三、討論事項：

編號 第一號 類別 會務 提案人 理事長 廖宗盛

案由：為第 41 屆自來水節慶祝大會暨本會第 16 屆第 3 次會員代表大會如何籌辦？請討論。



決議：1.本屆大會委請臺北自來水事業處籌辦。

2.大會日期、地點及籌備委員會委員名單，請郭處長提報下次理、監事會議討論。

編號 第二號 類別 會務 提案人 理事長 廖宗盛

案由：為本會第 25 屆自來水研究發表會，委請何單位籌辦？請商討決定。

決議：委請臺北自來水事業處統籌辦理。

編號 第三號 類別 會計 提案人 理事長 廖宗盛

案由：為編列本會九十六年度歲入、歲出決算表等一案，請審議。

決議：1.通過。

2.送請監事會審查。

編號 第四號 類別 會務 提案人 祕書長 許培中

案由：為本會第 16 屆各種委員會部份委員、秘書人選名單擬予增減調整，提請同意通過後聘任，是否妥適？請討論。

決議：1.同意通過各委員會增、減調整之人選名單。

2.同意通過國際事務委員會再增列祕書董心欣(台灣大學環工所助理教授)一名。

編號 第五號 類別 會務 提案人 祕書長 許培中

案由：本會應業務需要，自本(97)年 1 月 16 日起聘任鄭文龍先生為本會秘書，提請討論。

決議：追認通過。

編號 第六號 類別 國際事務 提案人 國際事務委員會主任委員 駱 尚 廉

案由：有關協助 IWA 斯洛伐克國家委員會成員來台參訪訓練事宜，提請討論。

決議：1.照辦法通過。

2.協辦單位增列台灣自來水公司。

3.請國際事務委員會妥為安排參訪訓練事宜，並由本會協助。

四、臨時提案：

提案人 會務委員會 主任委員 許培中

1 案由：為申請加入為本會團體會員、個人會員等案、業經會務委員會審議通過，申請案名單詳如議程書面資料第 5 頁，提請追認備查。

決議：同意追認備查。

提案人 理事 黃進財

2 案由：由於本會檢驗業務量銳減，而外勤檢驗人員年度之考核，係依其該年度之工作量為主要標準，惟其工作量非由其本人所能決定。請各位理監事多予支持本會之檢驗業務，以利檢驗人員工作量之增加。

決議：請祕書長參考辦理。

五、散會：下午 5 時 20 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@msa.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)