

自來水會刊第 28 卷第 4 期目錄



特 載

形塑台水優質文化.....陳福田.....1

實務研究

小區計量於舊市區之應用.....文其正.....16

光及溫度對次氯酸鈉濃度衰減影響因子之研究.....許國樑.....26

每期專題

淨水場廢水處理成效及回收再利用探討.....

.....樓基中、黃建二、韓佳芸、張嬉麗、賴明裕.....33

以單袋式過濾器回收淨水場濾床反洗水.....袁如馨、林柏廷、黃志彬、朱敬平.....40

回收廢水水質對淨水處理影響之研究.....張添晉、陳孝行、游勝傑.....49

淨水場沉澱污泥濃縮特性及設計參數探討.....

.....張維欽、方雅嵐、吳美惠、洪世政、林正隆.....60

韋勒式快濾池反洗廢水特性與排放減量策略.....曾迪華、范姜仁茂、范喻翔、黃啟彰.....67

IWA 活動園地

「2009年第三屆國際水協會亞太地區會議及展覽會」成果報告...廖宗盛、許培中、周佑芷...78

國際自來水瞭望台.....范家瑋.....86

協會與你

中華民國自來水協會第十六屆理、監事會第十二次聯席會議紀錄.....90

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法.....48

自來水會刊雜誌稿約

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

自來水會刊雜誌

發 行 單 位：中華民國自來水協會

發 行 人：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

葉宜顯、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)

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總 編 輯：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：(04)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

形塑台水優質文化

文/陳福田

一、前言—幾度夕陽紅

80 年代以來，對於企業文化(Corporate Culture)的探討愈來愈多，陸續有「Z 理論」(Ouchi, 1981)、「追求卓越」(Peter & Waterman, 1982)、「企業文化」(Deal & Kennedy, 1982)、「改造企業文化」(河野豐弘, 1990)等書的出版，指稱傑出的企業都有一股強勁有力的企業文化做為基石，優質的企業文化儼然形成另一種競爭優勢；反之，若無優質企業文化以為奧援，縱然擁有雄厚的有形資源，企業仍難以完全發揮戰鬥力，無法成就大目標與大事業。

值此知識經濟時代，「人」為企業最重要資源。為凝聚企業成員向心力，導引彼等往相同目標全力以赴，有賴企業文化以為動力之源。易言之，成功企業須由一群「志同道合」的夥伴，執著既定目標而邁進。其中，所謂「志」正是企業存在的價值，吾人稱之為企業「使命」，而長期、持續追求的目標則稱為企業「願景」；而所謂「道」則是全體成員達成願景、使命所依據的準則與信念，稱之為企業「價值觀」。「企業文化」乃是融合共同的使命、願景、價值觀所營造出來的組織氛圍。

自 1974 年成立至今，台水公司即將邁入四十不惑之年。其間，或因「獨佔」的保護傘、競爭的壓力輕鬆，發展出特殊的適應之道，如常見的「等因奉此」、但求無過的工作態度，其於彼時單純(Simple)、靜態(Static)

之環境下，或能得過且過；如今，時過境遷，面對複雜(Complex)、動態(Dynamic)之環境，該等「心智模式」(Mental Process)不僅造就台水公司難以突破困境，更是發展、進步的絆腳石。

近年，自來水事業內、外部經營環境丕變，諸如消費者意識抬頭，用戶要求更高的服務品質，更甚以往；氣候異常，天災頻仍，彈性應變能力待提升；年齡結構老化，組織僵化，公司的風氣和作法逐漸官僚化、停滯化。面對如此變局，本公司力圖管理革新，例如責任中心制度的實施，雖已略見成效，惟企業文化之改變卻牛步化，難以發揮風送帆行之效果。隨著環境更迭、策略創新、組織調整，台水企業文化轉型日益重要，如何循序漸進、因勢利導，形塑優質文化，確有探討之必要。

眾所週知，組織為求生存、成長，除須「適應外部環境」，亦須「整合內部資源」，欲融合、兼顧內外，特定的企業文化乃應運而生。易言之，面對不同之內、外部環境，企業文化亦須隨之更迭，而如何使之與時俱進，有賴系統化的方法、步驟，方能致之。本文爰採心理學家 Kurt Lewin 行為性變革三部曲「解凍、改變、再凍結」，以為塑造台水文化之管理模式。

本文先以「幾度夕陽紅」啟言，隱寓時空環境的更迭、多變；後以「青山依舊在」結語，意謂企業文化若能配合環境調整並維持活力，將能永保組織基業長青。其餘，首

述企業文化之相關學理，以為重塑台水文化之理論基礎；其次，依循「解凍、改變、再凍結」思維，分由「價值觀之定向」、「規範之確立」、「實務之學習與傳承」等三方面，闡述形塑台水優質文化之方。

二、企業文化面面觀

文化之於企業，好比人格之於個人，有保守或開放的人格特徵，同樣也有厚道或高壓的企業文化。企業文化常常看不見，也摸不著，但公司全體員工心知肚明，可以感受得到。為清晰呈現企業文化之輪廓，以為塑造台水優質文化建立理論基礎，本節略提企業文化之相關學理，包括定義、內容層次、關鍵特徵、文化類型、變革管理模式等，分述如下。

(一)定義

一般而言，文化(Culture)指的是在一群人所組成的社群中，成員間所共享的信念、價值觀、態度、行為準則與習慣，這些特徵足以使人們辨識不同的社群。文化本身往往是經過長時間的沿襲或演化(Evolution)而來，不容易在短時間就形成或改變(Revolution)。企業為一個社群，所以「企業文化」(Corporate Culture)就是組織內成員共享的信念、價值觀、態度、行為準則與習慣，使成員明瞭組織成立的目的、行事的準則與主要的價值觀。

文化雖屬抽象層次之觀念制約(Conceptual Conditioning)，唯其可用具體的表徵來加以實踐，例如公司的規章制度、員工服飾行為，或是定期的重大集會、工作上共通的語言等，都是文化意象在營運上的落實。

簡言之，企業文化即為「公司一貫的作

風」，是「吸收歷史，總結現在，立志未來」所淬煉而得，具有如下特質。

- 1.為組織員工「共同傳承」、「累積學習」。
- 2.為組織員工所「共享的」，指所有的員工共同認知的「主文化」(Dominant Culture)，即「核心價值觀」(Core Value)。
- 3.持久的、穩定的、自我保護的。
- 4.«潛移默化»影響員工的行為，且由成員自由裁量。

一般而言，組織為求生存、成長，除須「適應外部環境」，亦須「整合內部資源」，欲融合、兼顧內外，特定的企業文化乃應運而生。易言之，企業文化具有「內部整合」與「外部適應」兩項功能，分述如下。

1.內部整合(Internal Integration)

促成成員發展出一種共通的認同感，並且知道如何有效地一起工作。文化引導每天的工作連繫，決定組織內成員如何溝通，那些行為是可以被接受的，以及權力地位如何分配。

2.外部適應(External Adaptation)

幫助組織適應外在環境變遷，使其能快速回應客戶的需求與競爭者的策略，以達成組織目標。

實則，企業文化是雙刃刀，它可以成為強力的粘著劑，將企業成員緊密結合，也是企業成員的工作或是行為的指導原則，使整個策略執行更為容易。但它可能成為企業因應環境變革的阻力，文化僵固性會阻礙企業對環境變動的快速反應；策略管理人員也常囿於現有企業文化，漠視新的事物或新的變革，甚至將這些變革視為對於企業文化的威脅，造成組織固步自封。

(二)內容層次

綜合各學者的觀點，企業文化的層次可以歸納為三個層次，由內而外、由深到淺，分別是「價值觀」、「規範」、「實務」。準此而觀，企業文化亦可謂企業內部成員所共有的價值觀、規範和實務，其可降低員工的不確定感，讓他們知道行為的準則和努力的方向。茲將三個層次分述如下。

1.價值觀(Values)

這是一種抽象性、廣泛的、意識上的特定信念，係企業之所以與眾不同的精髓，也是企業決策者對企業性質、目標、經營方式的取向所做出的選擇，並為員工所接受的共識觀念，同時也是企業文化的核心，貫穿組織營運的血脈與生命。在表徵上，例如公司正派經營的價值觀、公開宣誓經營哲學和對公司願景的態度等，都是藉此顯現。

2.規範(Norms)

此乃根源於公司的價值觀，所建立的規章制度、組織結構或是在服飾、行為上的統

一規定。這通常是組織成員的行為藍圖，促使成員扮演各自的角色，規範較價值觀具體，它是成文的、有時亦是非成文的。

3.實務(Practice)

是企業文化中最顯而易見的層次，初入新團體或面對一個不熟悉文化時，所看見、聽見或感受到之一切現象，包括有關組織的故事與神話(Story & Myth)、儀式與典禮(Rite & Ceremony)、標誌與標語(Signal & slogan)、語言、具體的象徵（建築物、裝飾、服飾）等，員工可透過這些機制來學習、並融入企業文化中，讓企業的價值觀在實務運作上能夠落實。

企業文化的三個層次對於組織的運作與績效有不同的影響力，企業文化就像是一座漂浮的冰山，如圖 1 所示，浮出水面，顯露在外的「實務」與「規範」部份，其影響力遠不如潛藏在水面下的「價值觀」。所以，組織應該更著重在無形或潛藏的文化層次，有了穩固的基礎，顯露在外的人造品層次也就會產生對組織有益的影響。

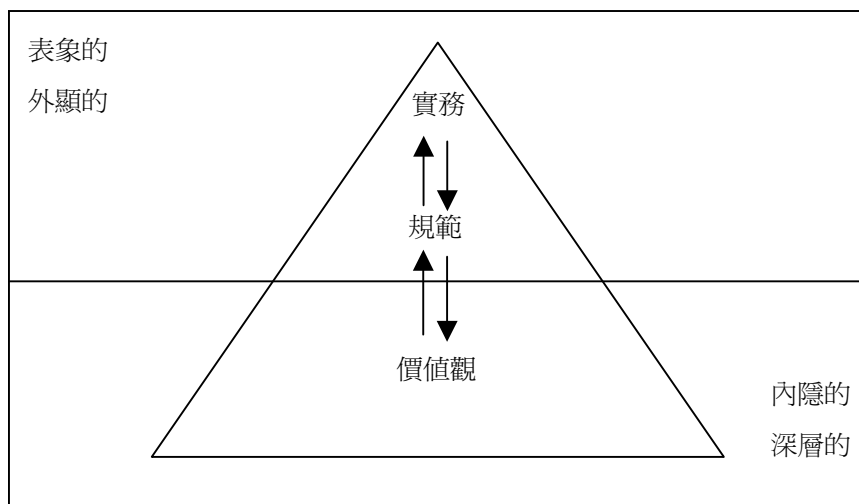


圖 1 企業文化的冰山模型

在文化的塑造方面，內在、潛藏的文化才是文化最重要的部分。不過，內在、潛藏層次的文化因為難以捉摸，以致於難以管理；組織需建立一個強而有力，對組織績效有正面意義的文化，有時候必須「由外而內」，先從一些外顯的、容易看到的部分著手，例如：從領導者言行、組織的規則與結構、績效與報酬制度等先做起；接著透過文化溝通、文化學習與傳承，進一步潛移默化地改變成員的價值觀。

(三)關鍵特徵

Hofstede & Neuijen (1990)認為可以十項關鍵特徵，來顯現企業文化的本質，組織成員對此十項關鍵特徵的認知，即為企業文化。臚列說明如下。

- 1.開放系統的重視（內向 vs.外向）
組織對外在環境變化之監控與反應的程度。
- 2.目標—手段導向（過程 vs.目標）
對結果或得到結果的過程之偏好。
- 3.衝突容忍度(低 vs.高)
員工所能發表相反或批評言論的尺度。
- 4.風險忍受度(低 vs.高)
鼓勵員工表現出積極、創新、與冒險的程度。
- 5.外控程度（鬆散 vs.嚴密）
在監控員工行為時使用法規與直接監督的程度。
- 6.成員認同程度(低 vs.高)
對組織整體的認同程度，亦即成員認同自己歸屬於組織的程度。
- 7.獎酬標準(其他 vs.績效)
員工工作績效與非績效因素(如年資、出身

等)，在其獎酬(如加薪、升遷)所佔的權重。

8.單位整合程度(互動 vs.獨立)

組織內單位作業時與其他單位協調合作的程度。

9.以人為焦點之程度（任務 vs.人）

管理者制定決策時，優先考量「工作績效達成」或「員工需求滿足」的程度。

10.強調團隊之程度（團隊或個人）

員工從事工作時，以「團體」為重或以「個人」為重的程度。

上述的每項特徵存在於由低而高排列而成的連續帶(Continuum)上，組合為整體文化的圖像。

(四)類型

組織文化構成要素多元且複雜。就類型而言，學者所提不少，本文不予贅述。承上所述，組織文化應與外部(環境)及內部(如策略)相配套，更能發揮內部整合及外部調適功能。爰本文採取 Denison 及 Mishra(1995)等人之觀點，以策略焦點（經營策略傾向外部導向或內部導向）及控制模式（控制過程傾向彈性或穩定）加以分析，對應配適為四類組織文化如圖 2，闡述如下。

1.氏族文化(Clan Culture)

所謂的氏族(Clan)是指同一個姓氏的宗族群體，所以氏族文化是指以親情、傳統、承諾為基礎的文化。當一個組織能夠關心成員長期利益與其生涯發展，則員工在組織中就會表現出高度承諾，願意自動自發、積極主動地為組織做無悔的付出，具有高度的士氣以及凝聚力。這樣的組織文化可以協助組織快速反應環境變遷。

不少新興小規模企業，重視員工參與與自主發揮，員工對公司向心力強，公司大部份營收及獲利又大幅投入研發與人才培育，國外 SAS 研發機構即具有此種文化特質。

2. 官僚文化(Bureaucracy Culture)

組織最關心穩定性與效率，認為一個好的組織應該要非常結構化，成員的權責劃分相當明確，組織運用正式規章與標準作業程序來管理員工的行為；成員普遍認為其職責是做好正式規章與標準作業程序裡規定的事項，行事態度謹慎保守；通常會傾向較集權的決策，成員沒有很大的決策空間，也沒有很好的學習與成長機會，但組織通常會提供工作保障。

官僚文化常見於身處產品標準化、產業變動較少的企業；此外，也常見於政府組織與大型企業。

3. 任務文化(Mission Culture)

組織關切特定客戶之需求，但不急於求新求變。此類組織通常有明確任務取向之使命，會積極地設定市場及財務目標，所以

組織對員工的管理會傾向目標（結果）導向，比較不重視其過程。成員有特定負責的目標，達成即給予獎賞，落實「目標管理」精神，強調「目標明確／衡量確實／賞罰分明」。

此種任務文化常見於以責任中心推動業務的公司。

4. 適應文化(Adaptability Culture)

注視外部環境的變化並強調經營彈性，成員樂於接受挑戰及承擔風險，希望透過創新以提高顧客價值。此類文化通常鼓勵員工參與，讓員工有高度的自由度，容許冒險及嘗試錯誤，員工可以發揮各種創意，以提供新的產品或服務。因此，「創新」、「改變」、「冒險」常是組織之經營理念。

適應文化常見於以「研發、創新」為核心價值之科技公司，例如世界知名企業 3M 即屬於此種文化類型，鼓勵「個人進取心」及「創業家精神」，即使挑戰主管權威，亦被容許，新進員工均要接受有關「冒險」及「創新」之課程訓練。

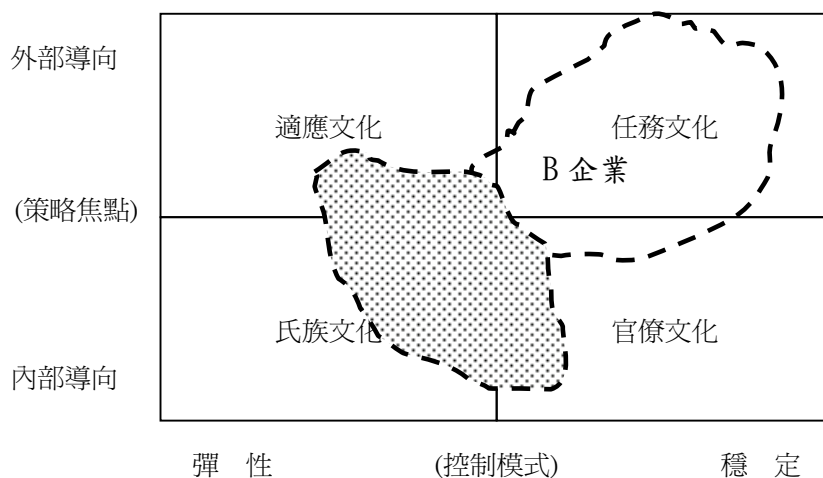


圖 2 不同控制模式、策略焦點組合的文化類型

前述的文化類型係根據 Cameron 與 Quinn 「競爭價值觀理論」(Competing Values Approach)為基礎所提出的，其指出每一個組織對於績效的追求可能有不同的價值觀，非一味將獲取利潤當作最重要目標；而每個組織之價值觀係由四種不同的價值觀以特定比重組合而成。企業文化類型也是一種組合的概念，沒有純粹的氏族文化、官僚文化、任務文化及適應文化，多數的組織文化是由這四種「理想型」(Ideal Type)依不同比例混合組成的。

表面觀之，企業文化以具高度活力、積極性為佳，但有時仍須因應時空之不同而有所調整。亦即，企業文化雖具有主導從業人

員工作士氣與影響整體企業運作的功能，但企業文化還是需要與各項策略、環境配合，才能提高企業績效。易言之，企業文化對企業績效的影響力取決於契合度(Fitness)，也就是企業文化沒有絕對的好或壞，只有相對之適合或不適合。

(五)變革管理模式

最早提出行為改變的理論，係心理學家 Kurt Lewin 所提出的行為性變革的三部曲「解凍、改變、再凍結」。前述過程原是使個人同化於組織價值觀的模式，亦能適用於企業文化的重塑過程，其乃變革「抑制力」(Restraining Forces)與「驅策力」(Driving Forces)兩種力量抗衡的結果，如圖 3 所示。

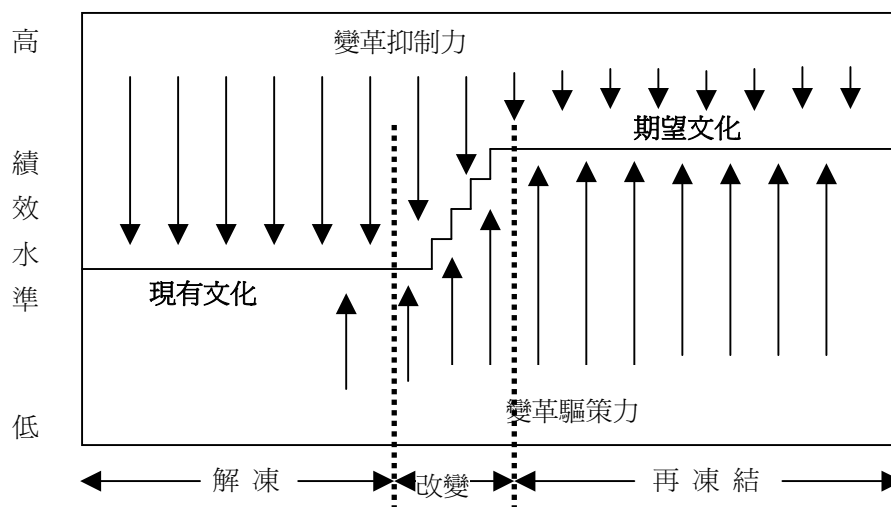


圖 3 企業文化的重塑過程

詳言之，解凍(Unfreezing)是貶抑既有價值觀，揭棄新的價值信念，喚起危機意識；改變(Changing)是教育新的價值觀、想法和行動，而改變現有企業文化；再凍結(Refreezing)則是使改變定型為新的模式，形成新的企業文化。

援此變革管理模式，本文於第三節「價值觀之定向」論述現有文化之「解凍」；於第四節「規範之確立」闡明現有文化「改變」為期望文化之組織機制；於第五節「實務之學習與傳承」析論期望文化之「再凍結」，藉以形塑台水優質文化。

三、價值觀之定向

正如同個人一樣，管理當局亦需要經常檢視自己公司，瞭解自己公司的優、缺點，並要瞭解企業目前擁有怎樣的企業文化（客觀事實）？企業若要經營得更成功，未來應該塑造何種優質企業文化（主觀期望）？進而研擬具體可行之共同信仰、行為準則及變革措施。

(一)現有文化稽核

文化改變的首要之務在於瞭解組織現有

的文化特色，環顧內、外在環境，找出公司需要改變的文化成份；據以改變員工一些不合時宜的觀念、想法，甚至習性。根據台水公司過去調查資料，雖然仍有合乎時宜的文化成份，惟為喚起同仁對舊陋文化的危機意識，本節側重於研析不利於台水生存發展、不合時宜之文化成份，援引 Hofstede etc. 所提十項關鍵特徵，闡述如表 1(前調查使用投射式問卷調查法，「」內文字為具顯著性之問項，以粗體字表示隱含之文化特質)。

表 1 台水「不合時宜」之文化成份

關鍵特徵	「不合時宜」之文化成份
開放系統的重視	公司成立初期，以促進全省自來水之普及為主要任務，辦理各項自來水新擴建工程，導致「重技術而輕管理」，組織流於僵化，對市場的反應速度較遲緩。
目標－手段導向	法規凌駕組織目標 ，意指強調過程導向，依規定辦理，造成「員工普遍認為其職責是做好正式規章與標準作業程序裡規定的事項」，淡忘了組織存在的目的。
衝突容忍度	—
風險忍受度	怕失敗、少創意 ，普遍存在「多做多錯、少做少錯、不做不錯的保守心態」。
外控程度	凡事強調 依法行政 ，導致「缺乏積極主動」，易怠惰偷安、陽奉陰違。
成員認同程度	—
獎償標準	預算受限於民意機關，致「 人事升遷易受外界干擾、關說 」，形成門閥關說文化，使首長無法正常拔擢德才兼備者。
單位整合程度	強調分工而缺乏整合 ，各部門各自為政，缺乏「橫向溝通、資訊分享」，造就「本位主義、爭功諉過」現象。
以人為焦點之程度	重視工作任務的達成，常 輕忽同仁需求的滿足 ，導致「缺乏精神生活，工作枯燥乏味」、「久任其職，逐漸喪失處理新事務的知能」。
強調團隊之程度	個人意識凌駕團隊精神 ，存在社會賦閒效應(Social Loafing Effect)，產生「能者多勞，勞逸不均」的現象。

台水成立之初，肩負著加速提高全省自來水普及率之重大使命，因此採取生產導向之經營策略，投入大量人力、物力於工程建設，以滿足民生、工業用水「量」之需求為經營重點，經營環境相對單純、穩定，過去強調「內部效率」的官僚文化特質或許就能順利推展業務；惟隨著組織制度完備，分工體制定型、細分化，成員的思考也固定化、內部導向化，缺乏責任感；年齡結構老化，長久反覆使用相同的想法，極易逐步僵化，以舊思維處理新問題，喪失革新的意願。既

往台水某些根深蒂固的文化特質，顯然已無法契合環境所需，亟待積極轉型。

(二)卓越文化特徵

美國最負盛名的麥肯錫顧問公司兩位研究者 Peters & Waterman 花費數年時間輾轉美國各地，對美國 43 家績效卓越的公司進行研究，萃取這些優秀公司所具有的共同特徵，於「追求卓越」(In Search of Excellence)一書中，歸結卓越文化的八大特徵，依關鍵特徵析解如表 2。

表 2 卓越文化的八大特徵

關鍵特徵	Peters & Waterman 卓越文化特徵之研究結果
開放系統的重視	●接近顧客，每位員工不斷地傾聽顧客的聲音。
目標－手段導向	●重視焦點價值，把重點放在公司主要價值來源。 ●做內行的事，不涉及公司所不熟悉的事業領域。
衝突容忍度	—
風險忍受度	●讓員工發揮自主性及創業精神，鼓勵員工發揮創造力、勇於嘗試。
外控程度	●寬嚴並濟，不同程度的控制同時存在。
成員認同程度	—
獎償標準	—
單位整合程度	●組織結構簡單，減少層級。 ●單位間高度協調整合，行動敏捷，決策果斷。
以人為焦點之程度	●以人為本，尊重員工，激發其潛能。
強調團隊之程度	—

這些卓越的企業文化已儼然形成另一種競爭優勢，它是無形的力量，亦為提高有形生產的主導力量。近年，上揭卓越文化特徵歷久不衰，常見諸於國內、外績效卓越的

企業，略舉一二如表 3。惟吾人必須體認，這些著名的企業文化可以觀摩、學習，但不能全盤照抄，正如中國俗諺「南橘北枳」之喻。

表 3 近年國內、外績效卓越的企業文化

企業	產業別	企業文化
Wal-Mart	零售業	源於創始人 Sam Walton 所訂的三條座右銘「顧客是上帝、尊重每一個員工、每天追求卓越」，長期以來形成「勤懇、節儉、活耀、創新」的企業文化。
Microsoft	資訊軟體業	採取扁平式組織結構，授權專案小組，自行權衡取捨(Trade-off)完成專案所需的所有資源，塑造 Microsoft「勇於嘗試及冒險」的企業文化。
宏碁	電腦相關產業	以「人性本善」為中心信仰，進而引申出(一)人性管理(二)平實務本(三)貢獻智慧(四)顧客為尊等四項信條。
台塑	石化、醫療業	<ul style="list-style-type: none"> •以其企業精神標語「勤勞樸實、追根究底」，期求「永續經營」之目的。 •基於「取之於社會，用之於社會」之宗旨，持續「奉獻社會」。

(三)期望優質文化

過去關起門來「埋首耕耘」的官僚文化，為台水順利辦理各項工程建設、快速提升全省供水普及率，奠定穩固之基礎。惟今日面對「產品多樣化、顧客多變化、價值多元化」的產業環境，用戶對自來水需求拾級登高，已由過去追求「先求其有」量的滿足，進而追求「次求其好、終求其美」質的提升，而逐漸官僚化、停滯化之既往台水文化已無法完全契合所需，必須由「埋首耕耘」積極轉型為「望向窗外」的文化特質，重視用戶需求的瞭解、回應與滿足。

為因應快速變遷之經營環境、提升企

業競爭力，以確保各項未來經營目標之順利達成，台水力圖管理革新，例如近年貫徹實施「責任中心制度」，而其執行效益與台水文化能否順利轉型大有關係。台水既往「官僚文化」較重視過程導向，與責任中心制度強調之「目標管理」、「結果導向」等精神相逕庭；而重視目標設定、工作績效之「任務文化」較能互相呼應，成為助力而非阻力。

企業與企業文化有如水與舟，順者載舟幫助企業，逆者覆舟可毀滅企業。為契合環境更迭、管理革新所需，台水文化亦須積極由官僚文化轉型為任務文化（如圖 4），較能發揮順水載舟之功效。

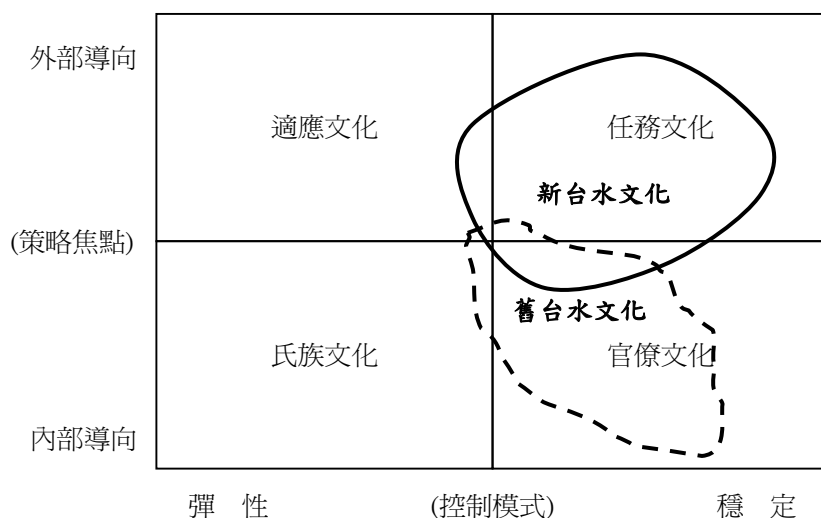


圖 4 台水現有文化與期望文化之圖像

為形塑任務型文化，除應消除不合時宜的既有文化成份之外，尚須汲取卓越企業的文化特質，注入活化企業文化之新基因，除「舊」佈「新」，建構下列五項台水價值觀，俾為同仁遵行、體現的行為模式。

1.品質至上

本諸「沒有最好，只有更好」之精神，持續改善，確保設計與施工之品質、供水之品質、以客為尊的服務品質。

2.用戶信賴

將心比心，體認用戶的期望；用心致力開發水源、提升淨水能力、加強供水調配，確保供水、服務之優良品質，冀期獲取用戶之信賴。

3.注重紀律

Jim Collins 在「從 A 到 A⁺」(Good to Great) 一書中指出：「要持續展現卓越績效，必須建立起強調紀律的文化」。要創造強調紀律的文化，則須進用、晉升充分自律，不須

費心管理的人才，因此能把更多的心力花在管理制度，而非管理員工。易言之，樹立紀律觀念，一方面要求員工遵守一致的制度；另一方面，在系統架構下，又賦予員工充分的自由和責任。

4.團隊精神

當今企業部門分工越來越細，團隊協作的頻率越來越高，團隊意識和團隊精神也隨之越來越重要。強調團隊意識和團隊精神，以矯正台水公司部門本位主義、各行其是的文化陋習，讓同仁以身為團隊中的一分子為榮，為了整個團隊的利益而協力合作、相互支援，因為團隊的勝利也同時意味著每一位成員的勝利。

5.成果導向

基於「目標管理」之管理哲學，透過主管、部門共同擬訂個人、部門、組織整體等目標，並依據設定之標準定期評核、獎優罰劣，逐漸發展出「目標明確、衡量確實、賞罰分明」的企業文化。

四、規範之確立

期望價值觀定向之後，這些「價值」信念不能只流於響亮而空洞的口號，必須由上而下徹底深植於全體成員的日常言行之中。這不但需要領導者以身作則，同時也要所有制度和教育訓練來加以配合。

本節先談啟動「規範」機制的理論基礎（7S 模式）；其後探討如何由組織涉入，樹立軟體面、硬體面等規範，使員工修正或取消不符合企業文化的行為習慣，表現出符合新文化期望的行為與觀念。

(一)企業文化的 7S 模式

麥肯錫(Mckinsey)顧問公司的 Peters & Waterman 在其「追求卓越」一書中提出所謂的 7S 模式，用以衡量、評估績效最佳的公司，其指出組織的構成要素可分為七項，以英文字母 S 為開頭字母的組織變項，這些變項被視為是影響企業文化的要素，其構成之「硬體要素」為傳統組織要素，包含策略 (Strategy)、制度(System)及結構(Structure)；而「軟體要素」為涉及「人」的部份，包括領導風格(Style)、用人 (Staff)、技能(Skill)及共同價值觀(Shared Value)，示如圖 5。

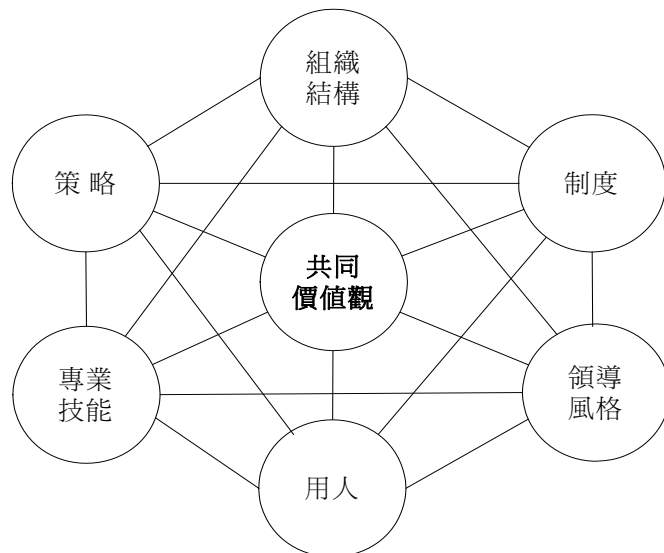


圖 5 企業文化 7S 模式

7S 模式以「共同價值觀」為中樞，即組織文化之基本信念，為組織成員行為之憑藉與明燈。在新的環境中，為因應市場與革新之目標，組織成員的「共享價值觀」必須有所改變；公司勢必推行新的「策略」，以符合顧客取向的市場需要。這自然也涉及「組織結構」的改變，及評量績效、訊息與其他管理「系統」的更動；此外，「任務技能」、「人員素質」與高層管理者的「領導風格」，也必

須適當地加以改變。當 7S 之間配合 (Congruence) 程度越高，則該組織效能越大。

(二)組織「規範」機制

上揭 7S 模式中，「硬體要素」及「軟體要素」為具體落實組織文化之各項軟、硬體活動或機制，亦為制約成員行為與觀念之「規範」。藉由 7S 間的協調、整合，透過如下各項規範機制，呈現組織成員的新行為藍圖。

1. 策略(Strategy)

適時採用新的策略，進行必要的「創造性緊繃」(Creative Tension)，例如台水近年導入「體驗行銷」、「綠色管理」等創新策略，有系統地試圖鼓勵企業成員去思考未來與方向，以避免企業陷入一種自滿的狀態，爲了因應新的策略需求，企業文化也會隨之調整，將有助於跳脫現有文化的侷限。

2. 制度(System)

訂定公開、公平、公正之陞遷、獎懲及激勵制度。尤其，蘊孕任務型企業文化，組織必須採取嚴格的績效管理制度，並對績效表現好的員工給予更多的激勵；對於績

效不佳的員工則應給予適度的懲罰，讓報酬與績效聯結，且讓兩者的關聯變得清晰而透明。

3. 結構(Structure)

配合責任中心實施，本公司組織結構力求扁平化、分權化。爲充分獲得各功能性部門的支援與合作，提高組織緊急應變彈性，在原來功能性結構之外，針對特殊性、臨時性任務，成立跨功能性的「專案小組」或「工作團隊」，形成「矩陣式組織」(Matrix Organization) (總處結構示意圖如圖 6)，具有消除本位主義、強化橫向溝通之效益。

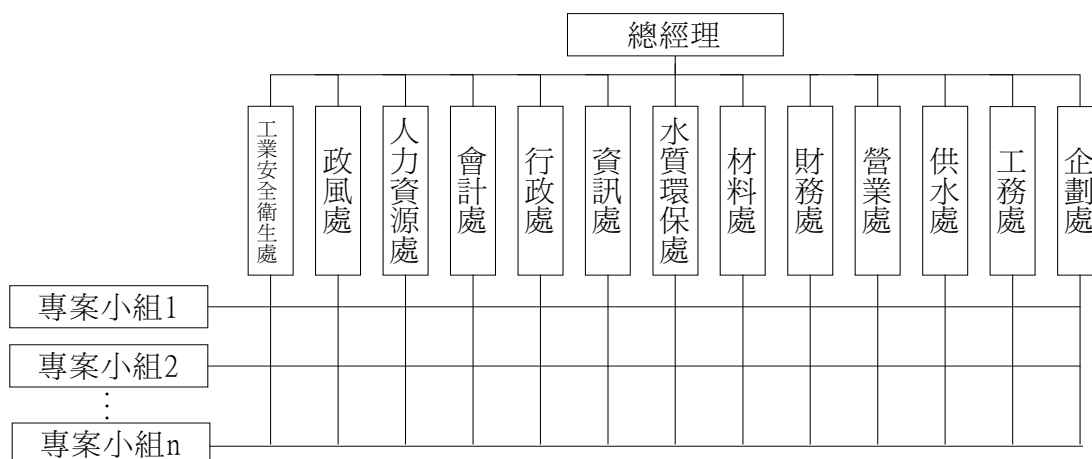


圖 6 總處矩陣式結構示意圖

4. 領導風格(Style)

各級主管須善盡「身教」與「言教」之責，身體力行以達風動草偃之效；透過言教將所要求的文化價值傳達給每一位同仁。讓績效與獎酬聯結，賞罰分明，營造內部公平、客觀、合理之優良環境，舉辦各種活動，實踐「走動管理」，以凝聚員工向心力，激勵士氣。

5. 用人(Staff)

員工「久任其職」帶來專業化能力的提升，但也代表專業化提高愈易官僚化、組織也會逐漸僵化，因此，應落實輪調制度；「年齡結構老化」也是公司陷入僵化的原因之一，應持續推動優惠退休制度，加速組織新陳代謝，活化組織；混合晉用不同價值觀的人、不同想法的人、不同專業背景的人，藉由多樣想法的人員交流及採用具有不同觀點的人才，能產生「攪伴」的效果，

對增進文化的活力極為重要。

6. 專業技能(Skill)

就是要「專業」，以核心技術為經，輔以管理技術為緯，鼓勵同仁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。

五、實務之學習與傳承

上節「規範之確立」，旨在運用組織「規範」機制，促使成員「被動制約」表現出符合新文化所期望的行為與觀念；本節闡述「實務之學習與傳承」，藉由「實務」流程與機制，促使成員自發性的「主動認知」，產生持久性的行為改變，並使之穩固及內化。易言之，於規範確立後，必須做到使之穩固及內化；亦即，必須實際運用並加以強化，才能形成新的習慣，成為個人價值觀的一部份。

對多數人來說，瞭解組織文化通常都採取由外而內的方式，先觀察那些看得到、聽得見的部分，很快地去體會一些文化特性，然後再逐步深入瞭解那些看不到的深層價值。通常組織透過各種文化溝通網路，包括儀式與典禮、符號與標語、語言、神話與故事、實體環境、社會化等方式，不斷地告知同仁新價值體系的真正內容，並表揚符合該價值的行為，分述如下。

(一) 儀式與典禮 (Rite & Ceremony)

舉辦各種活動，諸如典禮（組織重大事件）、儀式（重複性的活動）等，均為有目的之計畫性活動，管理人員在儀式或典禮中，可強調企業倡導的價值觀，對於旁觀的觀眾會產生教育意義。

例如本公司全省營業據點於清晨開店時，全員於門口迎賓及簡單複頌服務手冊，傳達「品質至上、用戶信賴」的文化價值；最高領導人主持土地公祭祀活動，為公司發展祈願求福，「向神明問好、祈求風調雨順」似乎已成為台水員工凝聚向心力的文化信仰。

(二) 符號與標語(Signal & slogan)

企業文化所傳達的價值，有些是很抽象的，是很精神層次的，而這些精神層面的內涵，不是那麼容易就能讓員工理解，所以往往需要藉助於具體的符號與標語，來傳達這些抽象的價值。

例如一進公司大門，就看到斗大的字「品質」，這兩個字公司全體同仁一致遵行，奉為圭臬；平日遇有集會和員工訓練，也由各級幹部來闡述這兩個字的精神，久而久之，整個廠裡都瀰漫著一股「品質勝過一切」的思想和精神，人人都以之為榮，外人只要一踏入公司，立刻就會被這種精神所感召。

(三) 語言(Language)

每一個組織都會發展一套語言，用來簡化對日常人、事、物的稱呼，這些「黑話」、「術語」的運用，會使組織成員更能認識組織。新進員工一開始可能對這些術語完全不知所云，但經過一段時間後，這些術語便可能成為連結員工的凝結劑。

本公司宜創新台水語言，諸如「沒有最好，只有更好」，傳達品質至上的信念；「從心出發，感動顧客」，強調用戶信賴的價值；「台水沒有英雄，因為個個是英雄」，隱寓團隊精

神勝於個人主義的信念。

(四)故事與神話(Story & Myth)

企業內持續傳誦有關創辦人或企業內重要人物的事蹟，使組織的現在能與過去連接，新進員工可經由這些故事、神話，了解企業核心價值與重要經營風格。

例如近日在台水廣為流傳的故事，本(10)月芭瑪颱風來襲，宜蘭山區暴雨傾盆，寒溪系統受災嚴重，本公司三位同仁，於深夜、暴雨中，驅車前往緊急處理，途經寒溪橋橋頭，路基突被洪水掏空，致掉落溪中，三位同仁幸受輕傷、及時脫困，並旋即返回崗位，全力投入搶修。這個故事彰顯台水人之信念，那就是「使命必達」，台水同仁視這份工作不僅是一時的職業，更是一生的志業。

(五)英雄人物 (Heroic Characters)

公司主管應遴選一些作風與企業文化相契合的優秀員工，公開他們的傑出事蹟，傳誦他們獨特的作法，故意將他們塑造成為員工的偶像、英雄人物，藉此刺激員工效法的動機與決心。

本公司或可透過公司重要會議或集會，定期表揚績優菁英，由公司負責人一一唱名進場，接受所有與會人員的歡呼，頒贈獎金、禮物等，並透過各種文化網路廣為宣傳，提高員工「有為者亦若是」的榮譽心與責任感，揭櫫「績效掛帥」的文化價值。

(六)實體環境(Physical Environment)

辦公室的大小、裝潢設計、服飾穿著、主管坐車，這些實質象徵都能傳遞訊息給員工，誰是重要人物，適切的行為標準是什麼。

沒有主管專用停車位代表「平等」，辦公室採活動式隔間代表「彈性」，毋須敲門即可進入辦公室代表「開放」。

有別於一般大型企業的建築物富麗堂皇、裝飾華美絢麗，台水的營運場所裝潢及擺佈呈現簡樸之面貌，培養出「節儉、樸實」的文化特質，時時用以警惕與自勵，避免陷入「帕金森定律」(Law of Parkinson)所指「組織規模越大，建築物越富麗堂皇，越接近無效率」的病態現象。

(七)社會化(Socialization)

指組織成員從其他成員身上學習，以融入組織的過程，包括恰當的行為、期望的價值觀等。透過社會化，組織成員將組織的行動規範、價值觀予以內化。

本公司宜透過新進員工職前訓練、在職訓練、師徒制等為正式的社會化方式；又如同在一個辦公室內工作、一起吃飯聚會、員工旅遊等非正式的社會化方式，不斷傳遞新台水文化價值，促使成員融入組織，深化其「團體意識」。

申言之，採用新穎口號標語、流傳新的故事、打破傳統的活動、塑造新楷模、改變社會化方式，以及高階主管也需扮演宣傳和支持角色，忠實踐履新文化風格，均有助於台水新文化價值之闡明與穩固。

六、結語—青山依舊在

實則，文化沒有絕對的好或壞，只有相對的適合或不適合。隨著自來水經營環境更迭，自來水事業實有必要改變組織文化以因

應環境變化。動物學界有一個著名的實驗，將一隻青蛙放在大鍋裏，裡頭加水再用小火慢慢加熱，青蛙雖然約略可以感覺外界溫度慢慢變化，卻因惰性與沒有立即必要的動力往外跳，最後被熱水煮熟而不自知。企業環境的改變也大多是漸熱式的，現在企業若只求安逸，而不思變革，等到大夢初醒，事已過、境已遷，恐怕就會像熱鍋裡的青蛙一樣，被煮熟、淘汰了仍不自知。

值得一提的是，企業文化乃是由相當穩定的、永久的特質所造成，這使得文化非常抗拒變革，文化一旦建立後，它便在自身週圍形成一道壕溝將自己防衛起來。是故，文化改變必須是經年累月的，而非一蹴可及。睽諸台水公司歷史悠久，員工年齡結構老化，舊有價值觀根深蒂固，企業文化改變與重建相對不易。然而今日不為，萬事蹉跎，與其臨淵羨魚，不如退而結網，台水文化之除「舊」佈「新」，有賴本公司全體同仁齊心協力、即知即行，且需要持續性、恆久性的推進，方竟全功。

在追求自來水事業永續經營的歷程中，環境更迭、多變，可謂「幾度夕陽紅」。唯有建立優質共享的企業文化，戮力凝聚企業文化的核心價值，持續強化精髓，啓迪創新的步伐與策略，才能締造「青山依舊在」之基業長青。站在歷史的轉捩點，本公司當跳脫傳統窠臼，進而與時代脈動接軌，形塑優質的台水新文化，冀期開創新時代高績效的自來水經營新風貌，讓台水金字招牌於歷史長河中光輝燦爛、歷久彌新。

參考文獻

- 1.吳秉恩，管理學本質、演化與新趨向，翰蘆圖書出版有限公司，民國91年。
- 2.河野豐弘，改造企業文化，遠流出版事業股份有限公司，民國79年。
- 3.閻瑞彥，企業組織與管理，華視出版社，民國95年。
- 4.賴振昌，組織文化及其形成與特性，人力發展月刊，民國87年。
- 5.Barney, J.B., Organizational Culture: Can it be a Source of Sustained Competitive Advantage? Academy of Management Review, 1986.
- 6.Hofstede, G., B. Neuijen, D. Ohayv, and G. Sanders, Measuring Organizational Cultures: A Qualitative and Quantitative Study across Twenty Cases, Administrative Science Quarterly, 1990.
- 7.Wilkins, A.L. and W. G. Ouchi, 1983, Efficient Cultures : Exploring the Relationship between Culture and Organizational Performance, Administration Science Quarterly, 1983.

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：自來水規劃、設計、施工及策略管理

小區計量於舊市區之應用

文/文其正

摘要

臺灣年降雨量雖然豐沛，但是由於臺灣地區山坡陡峭、雨勢集中，再加上河川短促，所以大部分的雨水都迅速地流入海洋，降雨能被截流利用的比率不高；且臺灣地區地狹人稠，故平均每人每年可以分配到的水量相當有限，以目前世界可用水量的標準來說，臺灣地區可算是缺水國家。

臺北自來水事業處(以下簡稱本處)為確保大臺北地區自來水用戶用水無虞，自 92 年起採用「小區計量」管理手法，期能達到科學化管理之目的。

臺北市部分舊市區開發甚早，昔日自來水供水系統規劃及管線佈設方式係依當時政策及人口規模考量，然隨著都市持續開發擴展，舊有供水系統已逐漸無法滿足不斷增加之用戶使用，且因管線老舊導致有漏水情形。有鑑於此，針對此類老舊社區採用「小區計量」手法改善漏水問題，於規劃、設計、施工階段均需有詳細之計畫及管控，方能有效提升售水率，維護及滿足用戶用水權益。

本報告劃定臺北市大同區內老舊社區，以小區計量工法檢核管網改善成效，成效斐然，並提供目前本處針對部分老舊社區「小區計量」實際執行之手法，除逐條巷弄施工進度列管外，對無法施作改善之處的原因亦登錄列管，期能供後續老舊社區供水管理及漏水分析改善之參考。

一、前言

舊市區由於開發甚早，其特性為巷道狹

窄，住戶密集，早期使用自來水給水管材以鉛管居多，且由於當時自來水管網較不完備，多數給水外線由距離甚遠之配水管埋設至用戶端，管線錯綜複雜，漏水甚為嚴重，亦因埋設年代久遠，部分為日據時代所繪製之圖資，早已與現今地形地貌完全不符，常造成管線抽換時之困難。

本處北區營業分處所轄區域為臺北市大同區及臺北縣三重市，均屬開發甚早之舊社區，尤以臺北市大同區為最，可說是臺北市最早之發源地，本篇列舉大同區已達成售水率改善目標之舊社區 1.民族西、環河北路、民權西路、延平北路等所圍區域 2.延平北路、重慶北路、民生西路、南京西路等所圍區域 3. 民族西路、環河北路 2 段、酒泉街、延平北路等所圍區域(衛工處南側)，及未達成目標之區域 4.民權西路、環河北路、民生西路、延平北路等所圍區域，以其改善之經驗嘗試歸納出提高售水率之模式。

規劃小區考慮之重點歸納如下

- (一)在舊市區規劃小區時依其地理位置、用戶數量、用水特性作整體考量進行設計，使整個小區形成一完整且獨立之管網，並確認水壓足以確保用戶用水無虞。
- (二)重新調配制水閥數量及位置，進一步將小區劃分為數個次小區，並設置夜間最小流量裝置，以利後續售水率評估及漏水管理。

二、臺北市舊市區已達售水率標準完成複評之案例



(一)民族西路、環河北路、民權西路、延平北路等所圍區域(93 北 1 區) (圖 1)

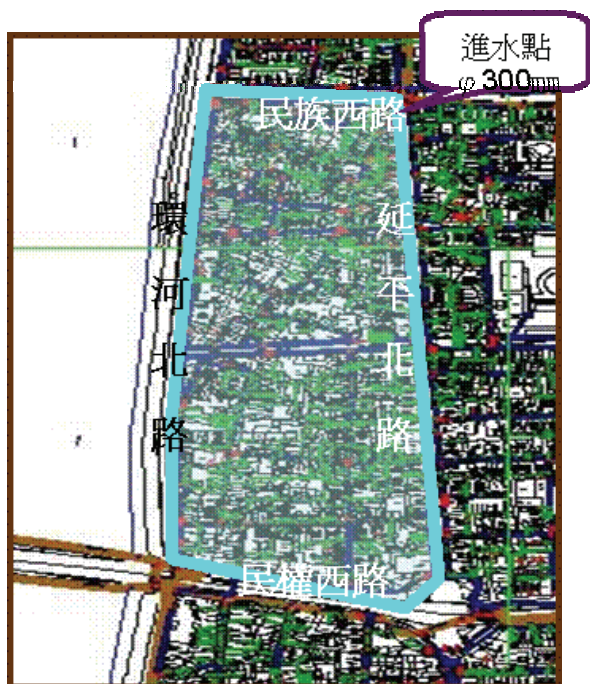


圖 1 93 北 1 區位置

基本資料

- 用戶數：2,022
- 直接用水與總表戶數：1,051
- 裝表日期：96.6.1
- 進場施工日期：96.9
- 完工日期：97.1

改善成果

- 配水管：2,453m (DIP 完成率：98.3%)
- 給水管：3,445m (SSP 完成率：96.7%)
- 給水栓：734 栓
- 表位改善：182 栓
- 全面開挖巷弄：947m

售水率

- 初始：41.9% (96.7.5)
- 期中：81.8% (97.1.27)
- 期末：97.3% (97.4.10)

1.汰換遭遇之困難

本區特性為典型舊市區，巷道狹小管線

錯綜複雜，遭其他管線單位覆蓋情形嚴重，且圖資不明確，常造成斷除不明管時之困擾。

本區管網抽換完成後，期中售水率僅 81.8%，探其原因係部分巷道其他單位管線障礙，無法完全抽換自來水管。

2.解決要因

(1)檢測無法抽換巷道之漏水點：

本區施工時，迪化街 2 段部分及迪化街 2 段 214 巷自來水管遭其他管線單位覆蓋而無法汰換 (圖 2)，故檢測漏水點，計測得 2 處漏水，分別為迪化街 2 段 52 號(20mm)及迪化街 2 段 214 巷 5 號(13mm)。

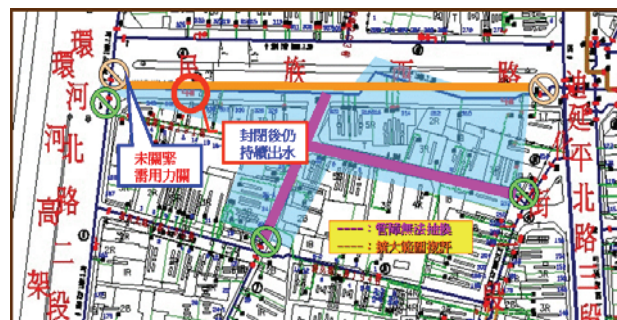


圖 2 93 北 1 區未抽換路段位置

(2)找出無法密合之邊界制水閥：

封閉小區時，發現民族西路與環河北路交口之制水閥於計量時未關緊，封閉後邊界制水閥不密合，區內水仍持續流出區外，致售水率被低估。

經過關緊不密合之邊界制水閥及修復檢測出 2 處漏水點後，售水率由 81.8% 提升至 97.3%，達到售水率 90% 之要求，完成複評 (圖 3)。

(3)區塊性路證核發

本案因為區塊性核發路證施作，施工時極具彈性，監工遇到不明管時勇於斷除，造成用戶無水時可即時處理而不必擔心需另

外申請路證等冗長及繁雜之程序，或甚至因為道路禁挖而無法斷管。

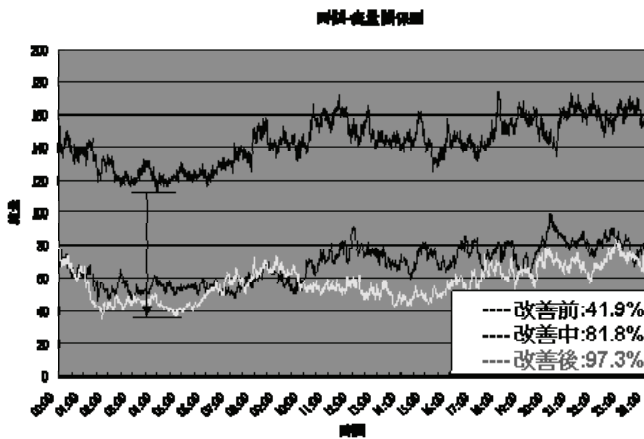


圖 3 93 北 1 區最小流曲線

(二)延平北路、重慶北路、民生西路、南京西路所圍區塊(93 北 6 區) (圖 4)

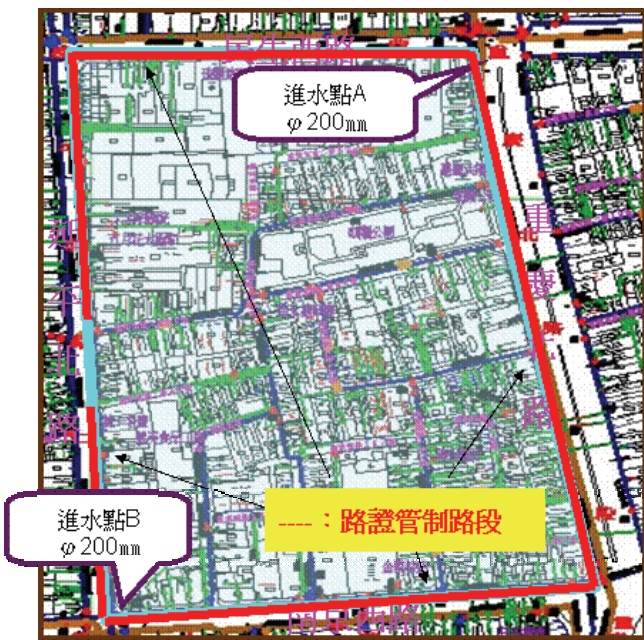


圖 4 93 北 6 區位置

基本資料

- 用戶數：1,485
- 直接用水與總表戶數：502
- 裝表日期：94.11.30 & 94.12.1
- 進場施工日期：95.1
- 完工日期：97.1(部分路段禁挖至 99/2)

改善成果

- 配水管：1,116m (DIP 完成率：92%)
- 給水管：1,786m (SSP 完成率：86.1%)
- 給水栓：323 栓

售水率

- 初始：48.2% (94.12.28)
- 期中(1)：74.3% (97.1.24)
- 期中(2)：81.6% (97.3.19)
- 期末：86.4% (97.4.29)

1.汰換遭遇之困難

此工區外圍路段(延平北路、重慶北路、民生西路、南京西路)皆因道路加鋪未滿 3 年，為新工處挖掘管制路段，且當時施工時尚未突破區塊式請領路證，皆為逐條巷弄申請路證，改善時程較久，亦有不少路段因禁挖而無法進場改善，且當時尚未推行全線開挖斷除廢管，故遭遇不少困難，工程推行較不順利，無法像現今請領區塊性路證即配合全線開挖斷除不明廢管一氣呵成。當此區開放挖掘路段施作完妥後，檢測其售水率僅 66.8%。

2.解決要因

(1)排除無法汰換巷道量測售水率及檢修漏水點：

因延平北路、重慶北路、民生西路、南京西路外圍路段一直無法突破路證管制，故切除外圍管制路段；本案另檢測無法施作路段漏水點，並以搶修名義局部改善，共檢測出 6 處漏水點，排除及修復後售水率由 66.8% 增至 71.7%。

(2)配合建築工地申請接水突破道路禁挖

延平北路 2 段 43 巷因禁挖無法施作，查該巷無配水管，均為個別獨立給水管由巷口



接水，巷內給水管達十數條，研判此巷一定漏水嚴重，必須及早處理，碰巧當時巷口正有一建地改建拆除中，故多次敦請建商儘速提出工程用水及拆除舊管申請(有建照之建案不受到路禁挖管制)，建商提出申請後，執行建商接水及斷管並同時進行附近 2 條巷子全巷給配水管汰換，改善完成後，售水率由 71.7% 增至 74.3% (圖 5)。

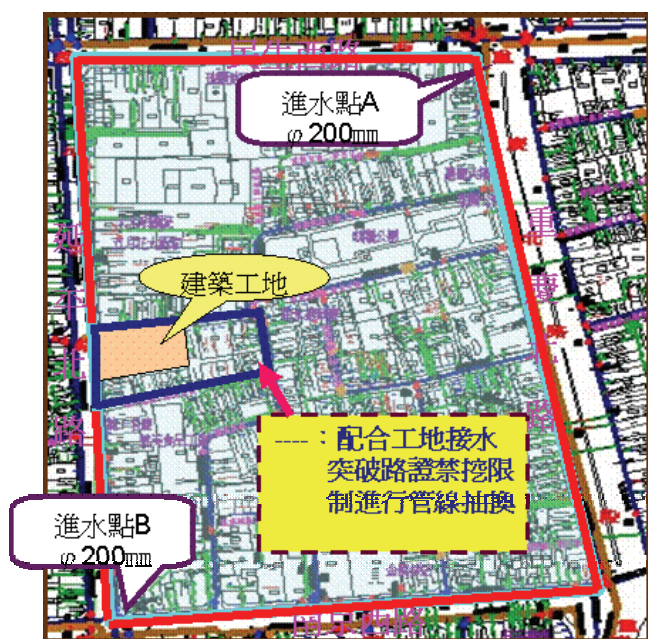


圖 5 93 北 6 區建築工地位置

(3)就近改接大口徑給水外線

案另查出南京西路 167 巷口內有一口徑 75mmPVC 管供飯店用水(圖資不明確)，尚未就近改接，經改善後，售水率由 74.3% 評估提升至 86.4%，達到當時售水率 85% 之要求，完成複評解除列管 (圖 6)。

(三)民族西路、環河北路 2 段、酒泉街、延平北路等所圍區域(衛工處南側)(圖 7)

基本資料

- 用戶數：1,033
- 直接用水與總表戶數：448
- 裝表日期：96.9.15

- 進場施工日期：97.4
- 完工日期：97.8

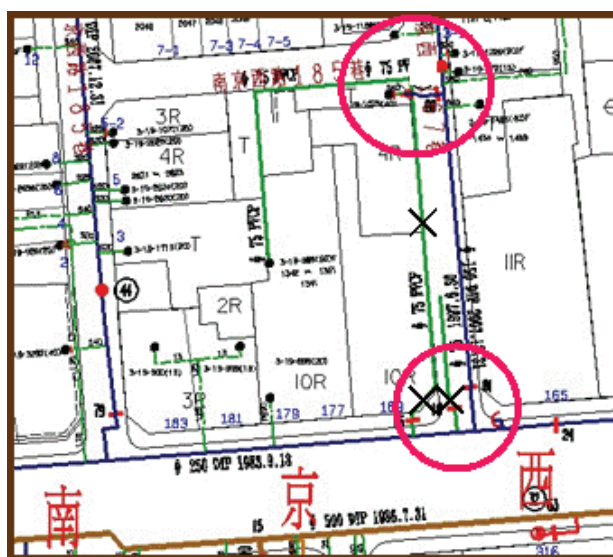


圖 6 就近改接 P75 給水外線



圖 7 衛工處南側小區位置

改善成果

- 配水管：1,144m (DIP 完成率：100%)
- 給水管：1,429m (SSP 完成率：100%)
- 給水栓：228 栓
- 表位改善：41 栓
- 全面開挖巷弄：759m

售水率

- 初始：66.3% (96.10.20)
- 期末：93.0% (97.9.6)

北路等所圍區域(93 北 3 區) (圖 9)

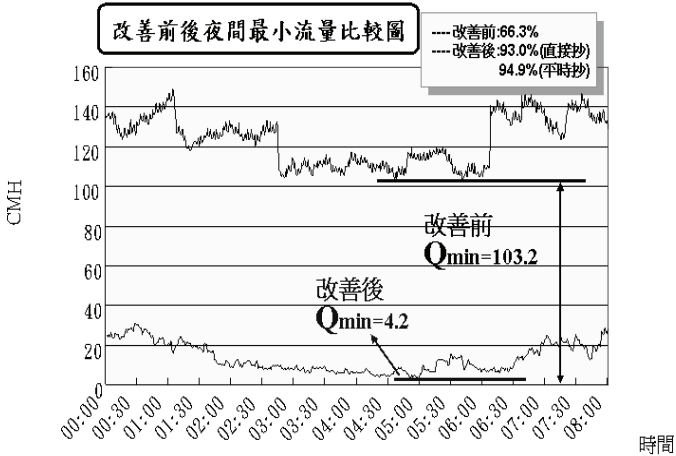


圖 8 衛工處南側小區夜間最小流曲線



圖 9 93 北 1 區位置

1.汰換過程

本路段係向新工處申請區塊路證核發，在進行初步設計時，由當地里長告知北側區域已進行都市更新，將來舊有房屋均要拆除重建，經檢討暫不改善該區域，俟都市更新計畫完成後，再予全面更新管線。故設計時加裝 3 只制水閥以隔離該區範圍。

2.達成售水率要因

本案因為區塊性核發路證施作，施工時極具彈性，監工遇到不明管時勇於斷除，造成用戶無水時可即時處理而不必擔心需另外申請路證等冗長及繁雜之程序，唯依舊仍遭遇到多處其他單位管線障礙，歷經多次變更設計、民眾協調、新工處報備後，全區終改善完妥，斷除不明水管十餘處，售水率由 66.3% 提升至 93.0%，達到售水率 90% 之要求，完成複評解除列管 (圖 8)。

三、臺北市舊市區尚未達售水率標準之案例

(一)民權西路、環河北路、民生西路、延平

基本資料

- 用戶數：2,860
- 直接用水與總表戶數：1,161
- 裝表日期：96.1.24
- 進場施工日期：96.5
- 完工日期：96.9

改善成果

- 配水管：2,649m (DIP 完成率：86.5%)
- 給水管：2,074m (SSP 完成率：83.1%)
- 給水栓：653 栓
- 表位改善：165 栓
- 全面開挖巷弄：478m (斷管 36 處)

售水率

- 初始：29% (96.3.10)
- 期中：54.5% (96.10.20)
- 改善漏水量：3,023 CMD

1.汰換遭遇之困難

本區塊申請路證時尚未以區塊性路證核發，於 96 年 9 月改善完竣後，區塊內非路

證管制路段均已汰換完妥，檢視成效，量測全區售水率由 29% 提升至 54.5%，再排除路證管制無法抽換巷道，量測全區售水率由 54.5% 提升至 55.6%，成效不彰（圖 10）。

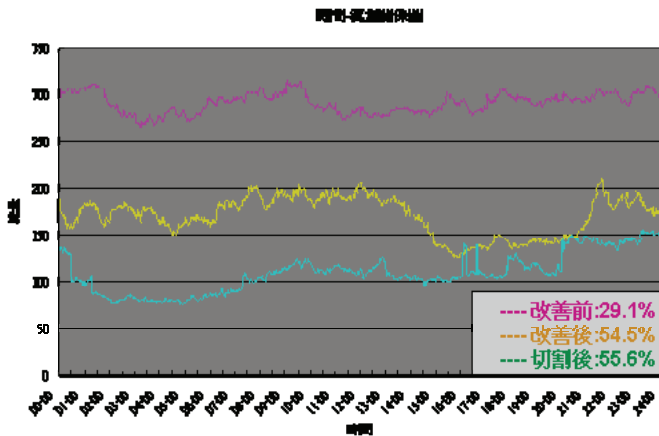


圖 10 93 北 3 區夜間最小流曲線

2. 解決過程

(1) 以原流量計找出漏水較嚴重之區域

為找出漏水較嚴重之區域，利用原有計量表分割 3 個次小區分區進行抄表計量（圖 11），由時間—流量關係圖研判 2 分區售水率較低，3 分區售水率較高，惟仍未盡理想。（如圖 12）

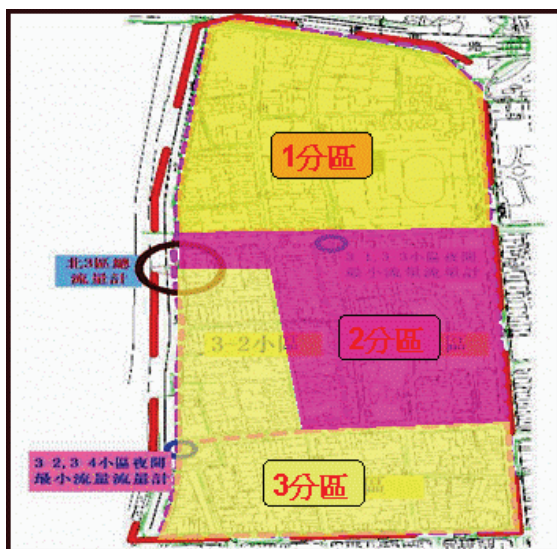


圖 11 93 北 3 區次分區位置

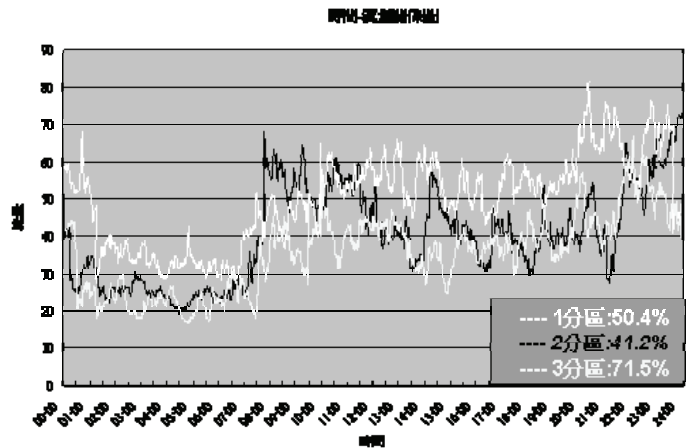


圖 12 93 北 3 區次分區夜間最小流曲線

(2) 以原流量計嘗試找出漏水嚴重路段

本欲以逐條路段切割利用原流量計（250mm 電子表）量測夜間最小流，欲找出漏水嚴重路段，當下載時間—流量關係圖時發現，因電子式水表最小精度為 $0.01\text{m}^3/\text{分}$ ，即每小時最小誤差值為 $0.6\text{m}^3/\text{時}$ ，精度誤差換算售水率誤差值達 22%，故無法以原流量計逐條切割計量（圖 13）。

(3) 以夜間最小流找出漏水嚴重區域

因前述方法均未獲得具體成果，故以間接法量測各分區夜間最小流找出漏水嚴重區域優先改善。為瞭解漏水重點區域，依原劃分之次小區進行夜間最小流（夜間最小流設施即於制水閥兩側設置消防栓以連接通水）測試，時間—流量關係如圖 14~16：

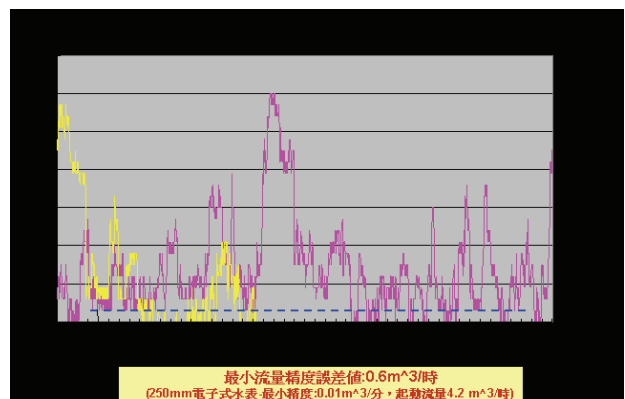


圖 13 93 北 3 區路段夜間最小流曲線

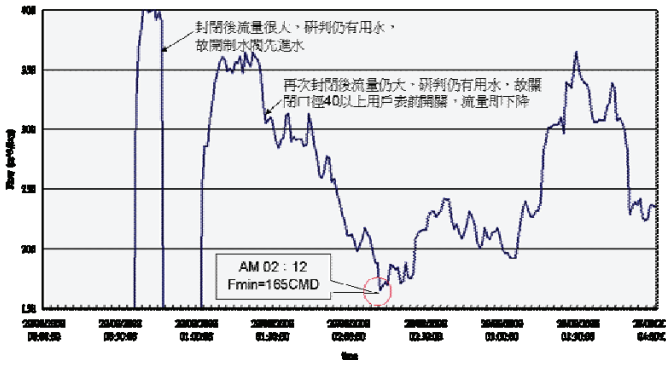


圖 14 3-1-1 次分區夜間最小流曲線

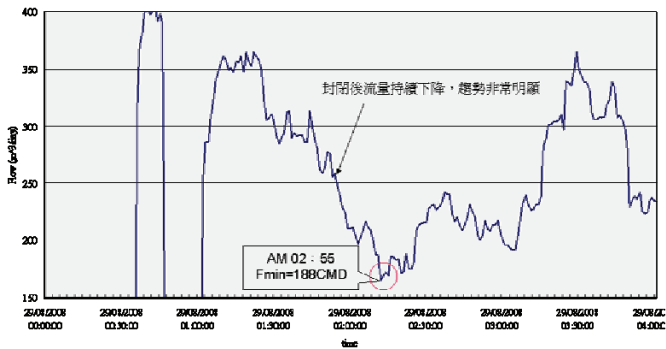


圖 15 3-2 次分區夜間最小流曲線

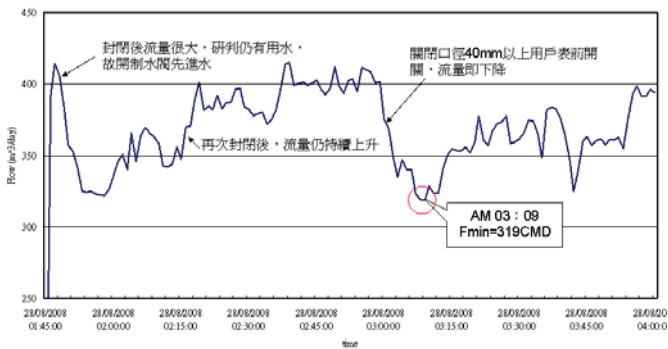


圖 16 3-4 次分區夜間最小流曲線

由以上 3 區時間—流量關係圖推算，3-1-1 次分區漏水量約佔全區漏水量之 12.7%，3-2 次分區漏水量約佔全區漏水量之 14.5%，3-4 次分區漏水量約佔全區漏水量之 24.5%，似乎是每區均有不少之漏水，並未集中在特定區域（圖 17）。

(4)以夜間最小流找出漏水嚴重路段

以夜間最小流找出漏水嚴重巷弄（圖

18)，檢測地點為安西街、民樂街、民生西路(延平北路至迪化街一段)，檢測方法為 1. 測試全區最小流，2. 排除綠色區域(民樂街)3. 排除藍色區域(安西街北側) 測試最小流，4. 排除橘色區域(安西街南側)，5. 單獨測試黃色區域(安西街南側)(詳表 1)，檢測結果如圖 19，可知漏水集中於安西街（歸綏街至 9 巷口），漏水量為 278CMD，佔全區漏水量 21.4%。若改善後，預估全區售水率可提升至 70%。本路段經查雖進行全線開挖，但該有部分區段遭外管線覆蓋而無法檢視，歸納北 3 區漏水分布圖如圖 20。

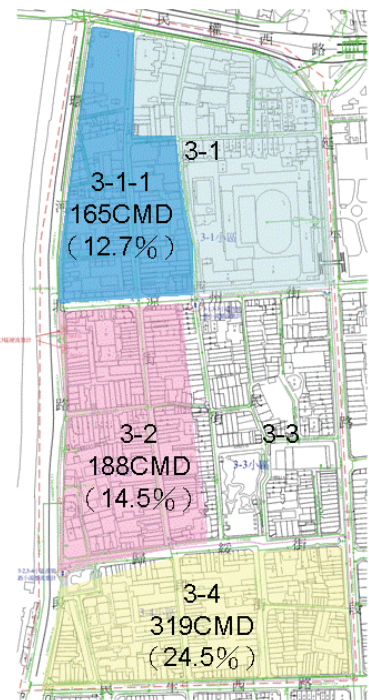


圖 17 93 北 3 區漏水量示意

表 1 93 北 3 區測試路段順序

最小流分析	
作業行程	作業時間
1(全區作業)	01:00~02:29
2(減綠色區域)	02:30~02:59
3(減藍色區域)	03:00~03:29
4(減橘色區域)	03:30~03:59
5(黃色區域)	04:00~05:00



圖 18 93 北 3 區測試路段示意

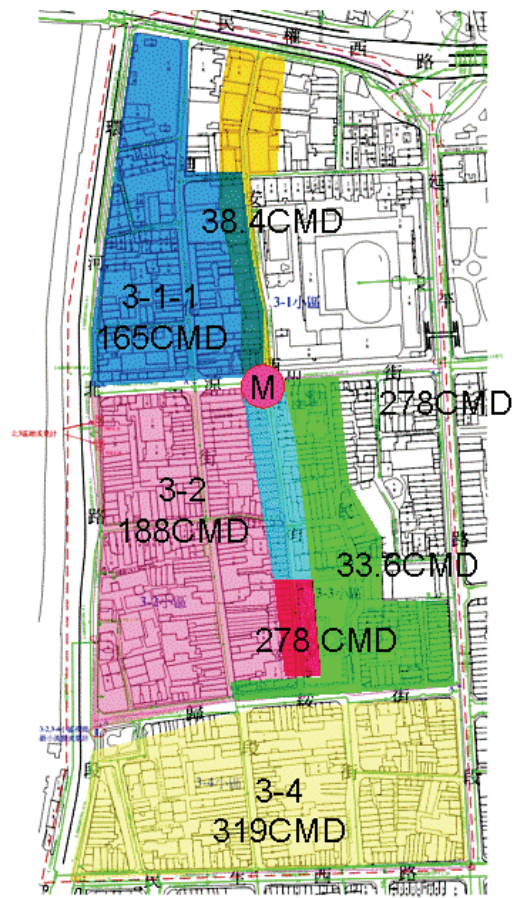


圖 20 93 北 3 區漏水量示意

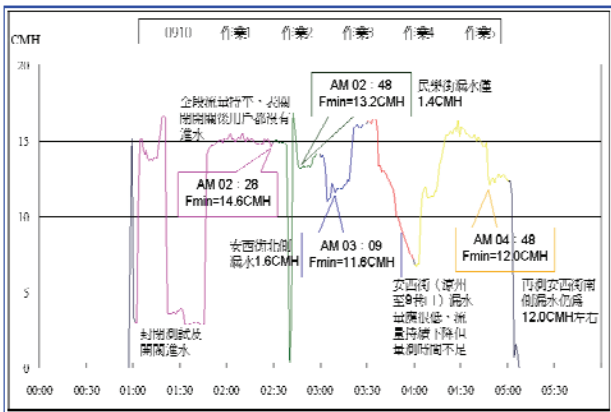


圖 19 93 北 3 區測試路段漏水量曲線

(5) 試辦增設表前表：

此段安西街尚有 17 只水表位於屋內，擬於屋前增設表前表，確認屋內有無漏水，藉以說服用戶表位遷移，優點如下：

- ① 可明確告知用戶漏水量，增加其表位改善之意願。
- ② 用戶願意改表位後，表前表可直接作為用戶表，一次到位減低民怨。
- ③ 新設之表前止水栓即為中間止水栓，用戶不願意改表位，仍可關水。

安西街經派員溝通，共 7 戶同意裝設表前表，其餘 10 戶多因即將改建而不同意裝設表前表，經測試結果如表 2：

結果得知此 7 戶內線並無漏水，將待禁挖期滿後再行開挖配水管檢視或重新埋設配水管，並進行給水管改接。

3. 售水率未有效提升原因探討：

因無法施作路段已切割不計，且給、配水管均已全數汰換，全區採全線開挖施作 3 次分區售水率均不佳，問題應非僅某一巷弄仍存廢管或不明管所致，研判-本小區係迪化街一帶老舊社區，仍有多數水表位於屋內不願配合移至屋外，有可能此段屋內表前給水外線漏水造成售水率偏低。

表 2 臺北市安西街表前表測試

項次	用水地址	水表號碼	9823(抄表指針)	98210(抄表指針)	度數	表前表表號	9823 舊表(抄表指針)	98210(抄表指針)	度數
1	台北市安西街4號	A92008944	1022	1033	11	A94-015210	211	222	11
2	台北市安西街6號	A92012874	169	170	1	A92-019898	756	757	1
3	台北市安西街17號	A92013459	489	490	1	A92-007768	3654	3656	2
4	台北市安西街19號	B92056579	2998	3012	14	B92-114423	3694	3708	14
5	台北市安西街23號	A92008941	168	171	3	A92-019706	1118	1121	3
6	台北市安西街23號	B92056517	387	390	3	B92-041111	8	11	3
7	台北市安西街62號	A91015257	364	370	6	A92-013497	1	6	5

4.後續改善對策

- (1)表位不良給水管線直接增設中間止水栓，評估管網改善成效。
- (2)逐條巷道針對表位未改善用戶再次溝通將水表移至屋前，如不願配合則於屋前增設「表前表」，以確認屋內有無漏水，增加與用戶協商籌碼。

每完成 1 條巷道表位改善或增設「中間止水栓」、「表前表」後，即利用夜間最小流裝置以「直接法」量測漏水改善情形。

- (3)因故無法全線開挖路段，重新埋設配水管，並進行給水管改接，務求全面更新管線以杜漏水，但本案道路已禁挖，仍待解禁後方能施作。

四、區塊路證申請施作

本處北區營業分處因轄區多為老舊社區，管線錯綜複雜，常常斷除不明給水管線而造成遠端用戶無水，造成施工上很大之困擾，或因斷水點位於申請路證之外而無法斷水，故討論出如能申請區塊路證應為解決此等問題之根本辦法。

本處自 96 年派員與臺北市新工處多次

洽商，嘗試以整個區塊提出申挖(當時新工處規定路證 1 次只能核發 2 期計 400 公尺，結案後才能申請次 2 期路證，造成小區內整體管線汰換曠日費時)，同時辦理其它管線單位路證整合，施工期間路面由本處負責維護管理，以利整體管網施作並縮短工期，因試辦成效非常良好，故 96 年以後均已區塊方式申請路證，對於舊市區改善售水率助益甚大。

(一)區塊路證申請優點:

- 1.區塊內管線抽換的施工時程具彈性，可避免因分期分段申請之繁瑣程序，造成工期之延宕；並可改善每張路証均須結案情形，減少監工作業負荷。
- 2.工程進度之掌控更為靈活，可大幅縮短工期，提前降低該區塊之漏水率，對本處售水營收亦有助益。
- 3.首次施工時不同意將表位改至屋前之用戶，因區塊路証施工期間較長，可再次進行表位宣導。用戶同意後可立即再次開挖，以增加表位改善率（分期分段申請之每期路証施工期間約僅 15 天，施工後無法

再次開挖)。

4. 依本處政策現場發現疑似不明管須立即斷除，若因此造成區塊內遠端用戶無水時，廠商可立即進行就近改接，無需另行申請挖路許可路，有效降低用戶抱怨。
5. 承商機具及人力調度更有效率，可有效降低施工成本，提高承商投標意願。

(二) 區塊路證申請缺點

1. 因整個區塊由本處維護管理，非本處施工路段路面發生破損情形，需由本處進行修補，增加本處成本。
2. 本處無路面巡查人員，區塊範圍內若發生路面破損倘未及時發現修補，易衍生國賠事件。

五、結論與建議

(一) 以舊市區執行經驗，小區售水率提昇達 90% 之要件：

1. 全區抽換施工
2. 給水管完整抽換 (由接水點至水表)
3. 全線開挖確實斷除廢管
4. 區塊路證申請
5. 以次分區進行管網改善工程，並透過夜間最小流檢測，分段檢核管網改善成效。
6. 表位宣導改善
7. 施作中間止水栓或表前表

(二) 遭遇之困難：

舊市區因巷道狹小，所有民生管線均埋設於其中，管線遭外單位覆蓋屢見不鮮，施工困難無法確實抽換或全線開挖杜絕漏水，目前本處解決作法如下：

1. 原配水管非 DIP-另覓可下管位置新設 DIP，舊管就地廢棄。
2. 管線施工時如原 DIP 管遭覆蓋，且該路段

尚有其他下管空間，則直接簽報變更另於旁邊新設 DIP 管，原配水管就地廢棄。

3. 巷弄狹小已無位置可另埋新管-邀集相關管線單位會勘，惟無相關法規可強制要求其管遷，或已無處管遷，此為所遭遇之最大困難，目前仍無法解決。

(三) 建議

可否全數抽換或全線開挖影響售水率甚鉅，建議與路權單位協商研擬法規明訂不同單位管線埋設時不可平行覆蓋，如發現屬實可要求其無償遷移，以確保日後可進行維修及抽換。

作者簡介

文其正先生

現職：臺北自來水事業處北區營業分處副工程司

專長：自來水管網設計、施工

光及溫度對次氯酸鈉濃度衰減影響因子之研究

文/許國樑

一、前言

物品化學式 NaOCl，中文名稱次氯酸鈉，英文名稱 SODIUM HYPOCHLORITE，同義中文名稱漂白水，同義英文名稱 Bleach^[1]。

溶液之製法係以氫氧化鈉(NaOH)吸收氯氣而來，適合小型場站消毒用藥，主要訂定之驗收方法^[2]如下：

- (一)有效氯：10.0%至 16.0%。
- (二)過剩(游離)氫氧化鈉：小於 2.0%。
- (三)不溶物：小於 0.05%。
- (四)重金屬：砷小於 1.0ppm、鉻小於 2.0ppm、鎘小於 1.0ppm、鉛小於 1.0ppm、汞小於 0.2ppm。
- (五)淡黃色透明液體。

檢驗方法：次氯酸鈉溶液品質規定(一)至第(四)項依照 JWWA-K120 方法檢驗^[3]，次氯酸鈉溶液品質規定二項依照目視法檢查。

次氯酸鈉溶液業經查閱次氯酸鈉物質安全資料表，安定性及反應性如表 1^[4]：

由表 1 可知，光直接照射、溫度超過 40°C 為應避免之狀況，惟未做詳細解說，在淨水操作實際處理時，有些次氯酸鈉溶液儲存濃

度衰減異常，是那些因素影響疑難尚待確認，為讓管理人員有更深一層之認知，以提昇管理知能，因此有需要予以研究探討。

二、文獻回顧

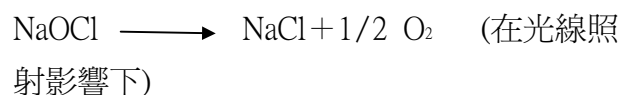
(一)影響次氯酸鈉水溶液濃度衰減之因素

在淨水操作消毒時，影響次氯酸鈉水溶液濃度衰減之因素^[3]有下列三點：

1. 儲存時間

不在光線照射影響下，次氯酸鈉水溶液的安定性稍差，如不在光線照射影響下，所含自由有效氯濃度會隨時間遞減，濃度愈高，其所含自由有效氯濃度會隨時間遞減愈快。

2. 光線照射之影響



如在光線照射影響下，尤其在夏天，其分解之反應式可用上式表示，因氧氣會揮發，次氯酸鈉之分解會更加快。

3. 溫度的影響

在相同濃度不同溫度下，30°C、靜態、黑暗中及 20°C、靜態、黑暗中相互比較結果，儲存環境 30°C 比 20°C 衰減速率快。

表 1 次氯酸鈉溶液安定性及反應性

安定性	正常狀態下安定
特殊狀況下可能之危害反應	與酸混合會放出氯氣
應避免之狀況	溫度超過 40°C、光直接照射及與酸混合
應避免之物質	有機物、酸、尿素、氨；金屬：鎂、鋅、銅、鎳、鐵
危害分解物	氯氣

(二)成核及鹽析效應^[4]

汽水泡的形成可藉一些方法來加速，例如加入鹽巴，它迅速提供了許多的懸浮粒子，因此加速氣泡的形成。當你把鹽巴加入沙士時會看到大量氣泡生成，即是這個道理。倒一杯汽水再放幾顆葡萄乾到汽水裡，就會看到葡萄乾在汽水中浮浮沈沈。這是因為葡萄乾的表面提供了許多成核位置，因此會有二氧化碳在表面形成。當足夠的二氧化碳形成時，它的浮力就會使葡萄乾浮起，但一旦到表面二氧化碳離開葡萄乾後，它就會沈下去了，如此浮浮沈沈，完全是藉二氧化碳的力量。二氧化碳先是在成核位置 (nucleation sites) 形成微泡 (microbubbles)，然後離開成核位置並上升，在上升時會與其他微泡結合逐漸變大。成核位置可能是一個表面上的刮痕或是懸浮的粒子。

除了提供懸浮粒子作為成核位置之外，鹽巴上有另外一種效應。由於鹽巴所含的鈉離子及氯離子與水結合能力比比二氧化碳強，因此一但投入鹽巴，這些離子就會與二氧化碳競爭水分子，導致原來水合的二氧化碳失去水分子，只好以二氧化碳氣體溢散。這種效應稱為鹽析效應 (salting-out effect)。

三、實驗材料與方法

(一)實驗材料

- 1.分析天平：可精稱至 0.1 mg
- 2.圓形燒杯：100 ml
- 3.滴定管：25.00ml，準確度 0.05ml，標定及滴定用
- 4.加熱磁石攪拌器：加熱、標定及滴定时溶液攪拌用
- 5.恆溫水槽：100°C 以下加熱恆溫用

- 6.工作溫度計：0°C 至 50°C 及 0°C 至 100°C 各乙支，追溯至參考溫度計
7. 0.1 N 硫代硫酸鈉溶液：取硫代硫酸鈉(5水合物)26g 及碳酸鈉 0.2g 溶於約 1L 的無二氧化碳去離子水後，加異戊醇 10ml，使全量為 1L，使充份混合後，加蓋靜置二日後求出因子(factor)
8. 0.1 N 碘酸鉀溶液：稱已烘乾一級標準品碘酸鉀重 3.567 克，以少量去離子水溶解，倒入 1L 量瓶，再以去離子水使全量為 1L
- 9.澱粉液：取澱粉 1g 與去離子水 200 ml 充分混合，攪拌煮沸到此溶液成半透明後，靜置溶液，取此上層液使用
- 10.氯化鈉：分析級試藥
- 11.次氯酸鈉：有效氯 10.0% 至 12.0%

(二)實驗方法

次氯酸鈉水溶液濃度之測定，參考 JWWA-K1205，取 25.0ml 碘酸鉀，需使用 23.8ml 滴定，得 0.1N 硫代硫酸鈉濃度 因子 $F=1.05$ 。

樣品 20g，精稱至 1mg，加去離子水稀釋至 1L，取稀釋後的次氯酸鈉水溶液 25.0ml，加約 1g 碘化鉀，加醋酸約 4ml，以 0.1N 硫代硫酸鈉滴定游離碘，液相若由褐色變成淡黃色，再加澱粉液數滴繼續滴定至產生的青色消失為止，求出所需之硫代硫酸鈉溶液 ml 數(a)，依下式算出有效氯%。

$$\text{有效氯}(\%) = \frac{a \times F \times 0.00355}{\text{試樣}(g)} \times \frac{1000}{25} \times 100$$

四、結果與討論

由文獻回顧得知，影響次氯酸鈉水溶液濃度衰減之因素有下列 3 點；第 1 點儲存時間，不在光線照射影響下，次氯酸鈉水溶液

的安定性稍差，如不在光線照射影響下，所含自由有效氯濃度會隨時間遞減，濃度愈高，其所含自由有效氯濃度會隨時間遞減愈快，參考報告得知^[6]，正常儲存衰減速度，由 11% 遞減至 9% 約為每日 0.1%，9% 遞減至 7% 約為每日 0.05%，7% 遞減至 6% 約為每日 0.02%，6% 遞減至 5% 約為每日 0.01%，因此儲存時間可採用先進先出為原則，注意儲存時間以 15 天為宜，最長不宜超過 30 天。

影響次氯酸鈉水溶液濃度衰減之因素第 2 點光線照射之影響及第 3 點溫度的影響雖有文獻回顧參考，惟未做詳細解說，需要予以研究探討。

(一)光照射對次氯酸鈉溶液濃度衰減之影響

由文獻回顧得知次氯酸鈉溶液濃度會

隨時間而衰減，本次檢驗樣品為當日收樣，當日檢驗，樣品存放至 4°C 冰箱 14 天後再予檢驗乙次，次氯酸鈉溶液有效氯濃度檢驗結果如表 2。

由表 2 得知，4°C 冰箱儲存且未照射光，則經過 14 天衰減只有 0.09%，可見低溫及避光是避免次氯酸鈉溶液濃度衰減之重要因子，若低溫及避光控制得宜，則次氯酸鈉溶液濃度儲存時間可以延長。

光直接照射對次氯酸鈉溶液濃度衰減之影響，取濃度 11.62% 次氯酸鈉分成室內對照組 A 及光照射對照組 B。

光照射對照組 B 業經光正午照射 2 小時，攜回檢驗室與室內對照組 A 予以檢測次氯酸鈉濃度如表 3。

表 2 次氯酸鈉溶液濃度檢驗結果

檢驗天數	次氯酸鈉取樣量(g)	硫代硫酸鈉 ml 數	有效氯含量%
1	20.0532	15.75	11.71
14	20.0216	15.60	11.62

表 3 光直接照射對照組次氯酸鈉溶液濃度衰減檢驗結果

對照組	溫度	光	溶液溫度 昇高流程	次氯酸鈉 取樣量(g)	硫代硫酸鈉 ml 數	有效氯 含量%
A	室溫 32°C	未照射	32°C→32°C 無氣泡產生	20.1434	15.55	11.51
B	室外 37°C	正午照射 2 小時，照射 4 分鐘	32°C→37°C→40°C(35°C 溶液就開始分解有氣泡產生)	20.1428	14.05	10.40

由表 3 得知，室內對照組 A 避光、無氣泡產生正常衰減 0.11%。而光照射對照組 B 經光正午照射 2 小時，35°C 溶液就開始分解有氣泡產生，溶液溫度昇高流程 32°C→37°C→40°C，光照射對照組 B 屬正常衰減加上光照射衰減共 1.22%，扣除正常衰減 0.11%，正午照射 2 小時光照射衰減為 1.11%。由光照射衰減為 1.11% 與正常衰減 0.11% 比較可知光照射衰減比正常衰減速率快 10 倍。

正午照射 2 小時光照射對照組 B 攜回室內回溫與室內對照組 A 再予以觀察如表 4。由表 4 可得知，室內對照組 A 避光、無氣泡產生經歷時間 22 小時正常衰減 0.29%。而光照射對照組 B 原經光正午照射 2 小時，就有分解有氣泡產生，再經 22 小時氣泡產生無停止，次氯酸鈉溶液濃度由氣泡可知分解速率比無氣泡產生情形快速，分解有氣泡產生

雖避光，分解效應如參考文獻回顧二之(一)光照射 NaOCl 分解成 NaCl 和 1/2 O₂，再參考文獻回顧二之(二)NaCl 屬成核及鹽析效應，經歷時間 22 小時，光照射對照組 B 未照射光其正常衰減加上成核及鹽析效應衰減 0.77%，扣除室內對照組 A 避光、無氣泡產生經歷時間 22 小時正常衰減 0.29%，則成核及鹽析效應衰減為 0.48%。

查表 3 及表 4，可知次氯酸鈉光照射分解速率 0.555%/1hr (1.11%/2hr) 比成核及鹽析效應分解速率 0.0218%/1hr (0.48%/22hr) 快上 25 倍。如室內正常衰減分解速率以表 3 室內 32°C 2hr 之 0.11% 來估算為 0.055%/1hr (0.11%/2hr)，則次氯酸鈉光照射分解速率 0.555%/1hr (1.11%/2hr) 比室內正常衰減分解速率 0.055%/1hr (0.11%/2hr) 快上 10 倍。

表 4 光照射對照組 B 室內與室內對照組 A 室內 22hr 次氯酸鈉溶液濃度衰減檢驗結果

對照組	溫度	光	溶液	經歷時間	次氯酸鈉 取樣量(g)	硫代硫酸鈉 ml 數	有效氯 含量%
A	室溫	未照射	無氣泡產生	22 小時 無氣泡產生	19.8003	14.90	11.22
B	室溫	未照射	持續有氣泡分解產生	22 小時氣泡產生無停止	19.8955	12.85	9.63

表 5 光再直接照射對照組次氯酸鈉溶液濃度衰減檢驗結果

溶液 對照組	溫度	光	溶液溫度 昇高流程	次氯酸鈉 取樣量(g)	硫代硫酸鈉 ml 數	有效氯 含量%
A	室溫 32°C	未照射	32°C→32°C 無氣泡產生	20.1026	14.75	10.94
B	室外 37°C	正午照射 2 小時， 照射 4 分鐘開始分解產生氣泡	32°C→37°C→40°C (35°C 溶液就開始分解有氣泡產生)	19.8310	10.80	8.12

綜合上述得不同條件分解速率如下：成核及鹽析效應分解速率：室內正常衰減分解速率：光照射分解速率 = 0.0218%/1hr : 0.055%/1hr : 0.555%/1hr = 0.4 : 1 : 10，而光照射分解速率為室內正常衰減分解速率 10 倍應加以重視。

再取表 4 次氯酸鈉分成室內對照組 A 9.63% 及光照射對照組 B 濃度 11.22%，再經光正午照射 2 小時與室溫儲存結果後，光照射對照組 B 攜回檢驗室與 A 予以檢測次氯酸鈉溶液濃度如表 5。

由表 5 得知，室內對照組 A 11.22% 避光，無氣泡產生室內正常衰減 0.28%；而光照射對照組 B 9.63% 再經光正午照射 2 小時，光照射對照組 B 屬正常衰減加上光照射衰減及鹽析效應衰減共 1.51%，扣除正常衰減 0.28%，光照射對照組 B 9.63% 再經正午照射 2 小時光照射衰減及鹽析效應為衰減 1.23%，由此可知光照射分解速率再加上成核及鹽析效應比原光照射分解速率 1.11% 有加快 0.12%。

上述原因業經分析，光照射溶液就開始分解有氣泡產生，氣泡造成成核及鹽析效

應，就有如鏈鎖反應一樣加快衰減速率，因此如何在第一時間點就避光及不要讓有氣泡產生是一個值得再探討的問題點。

(二)溫度超過 40°C 對次氯酸鈉溶液濃度衰減之影響

溫度對次氯酸鈉溶液濃度衰減之影響，取表 4 濃度 11.22% 32°C 次氯酸鈉溶液，以玻璃瓶裝次氯酸鈉放入室內恆溫水槽內，未照射光逐次昇恆溫水槽水溫至 50°C、55°C、60°C、70°C，並以工作溫度計計量次氯酸鈉溶液溫度與上述昇水溫平衡時再予以取樣檢驗，以代表儲槽溫度對次氯酸鈉溶液濃度衰減之影響，檢測次氯酸鈉溶液濃度如表 6。

由表 6 得知，未照射光逐次昇溫由 32°C 至 50°C、55°C、60°C、70°C，共昇溫 38°C，次氯酸鈉溶液濃度由 11.22% 衰減至 11.04%，共計 0.18%，溫度昇溫影響次氯酸鈉溶液濃度衰減平均速率為 0.005%/1°C，可知如不經光照射分解，不產生氣泡產生鏈鎖反應，溫度昇溫影響次氯酸鈉溶液濃度衰減速率是可以忽略不計的。

表 6 未照射光溫度次氯酸鈉溶液濃度衰減檢驗結果

項次	溫度	次氯酸鈉 取樣量(g)	硫代硫酸鈉 ml 數	有效氯 含量%	有效氯 衰減量%
1	32°C	19.8003	14.90	11.22	0
2	50°C	19.8086	14.80	11.14	-0.08
3	55°C	19.9832	14.85	11.08	-0.14
4	60°C	19.8845	14.75	11.06	-0.16
5	70°C	19.9880	14.80	11.04	-0.18

表 7 沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應對次氯酸鈉溶液濃度衰減檢驗結果

項次	氯化鈉	溶液	次氯酸鈉 取樣量(g)	硫代硫酸鈉 ml 數	有效氯 含量%	有效氯 衰減量%
1	未加	不分解產生氣泡	19.8003	14.90	11.22	0
2	過飽和有形成 沈澱	有分解產生微 量氣泡	19.7772	14.75	11.12	-0.10

(三)沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應對次氯酸鈉溶液濃度衰減之評估

參考文獻得知光線照射 NaOCl 會分解成 NaCl 及 O₂，產生之 NaCl 如過飽和會形成沈澱，造成沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應，對次氯酸鈉溶液濃度衰減評估應予探討。

取表 4 濃度 11.22% 32°C 次氯酸鈉溶液，以玻璃瓶分裝二組，在室內未照射光，乙組不加氯化鈉，另一組加氯化鈉溶解過飽和有形成沈澱，置於室內 24hr，再取樣檢驗次氯酸鈉溶液濃度如表 7。

由表 7 得知，未照射光，濃度 11.22% 32°C 次氯酸鈉溶液，氯化鈉溶解過飽和有形成沈澱，置於室內 24hr，會造成沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應，對次氯酸鈉溶液濃度衰減有 0.1%，因此儲槽如有沈澱，應予排除，以免造成沈澱物鹽析效應加速衰減速率，且依參考文獻得知，次氯酸鈉溶液濃度在儲槽不宜攪拌，以免造成儲槽因子異核效應，不利於次氯酸鈉溶液濃度之安定性。

(四)次氯酸鈉溶液儲存流程最佳化

綜合(一)至(三)節所述，次氯酸鈉溶液儲存流程最佳化如下：

1.次氯酸鈉溶液儲存流程最重要因子為光直接照射所產生氣泡會產生鏈鎖反應，首要

因子就是要避光。

- 2.再考量次氯酸鈉溶液儲存溫度勿超過 40°C，非為必要但應注意。
- 3.為避免沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應增加次氯酸鈉溶液濃度衰減速率，應定期清洗儲槽及勿攪動溶液，以避免沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應機率之增加。

伍、結論

本研究探討光直接照射、溫度超過 40°C 為應避免之狀況，在淨水操作實際處理時，次氯酸鈉溶液儲存濃度衰減確認，為讓管理人員有更深一層之認知，以提昇管理知能，研究結論如下：

- 1.成核及鹽析效應分解速率：室內正常衰減分解速率：光照射分解速率 = 0.0218%/1hr : 0.055%/1hr : 0.555%/1hr = 0.4 : 1 : 10
- 2.室內對照組 A 11.22% 避光，無氣泡產生室內正常衰減 0.28%；而光照射對照組 B 9.63% 再經光正午照射 2 小時，光照射對照組 B 屬正常衰減加上光照射衰減及鹽析效應衰減共 1.51%，扣除正常衰減 0.28%，光照射對照組 B 9.63% 再經正午照射 2 小時光照射衰減及鹽析效應為衰減 1.23%，由

此可知光照射分解速率再加上成核及鹽析效應比原光照射分解速率 1.11% 有加快 0.12% ，光照射溶液就開始分解有氣泡產生，氣泡造成成核及鹽析效應，就有如鏈鎖反應一樣加快衰減速率。

3. 未照射光逐次昇溫由 32°C 至 50°C、55°C、60°C、70°C，共昇溫 38°C，次氯酸鈉溶液濃度衰減由 11.22% 至 11.04%，共計 0.18%，溫度昇溫影響次氯酸鈉溶液濃度衰減平均速率為 0.005% / 1 °C，可知如不經光照射分解，不產生氣泡產生鏈鎖反應，溫度昇溫影響次氯酸鈉溶液濃度衰減速率是可以忽略不計的。
4. 未照射光，濃度 11.22% 32°C 次氯酸鈉溶液，氯化鈉溶解過飽和有形成沈澱，置於室內 24hr，會造成沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應，對次氯酸鈉溶液濃度衰減有 0.1%，因此儲槽如有沈澱，應予排除，以免造成沈澱物鹽析效應加速衰減速率且次氯酸鈉溶液濃度在儲槽不宜攪拌，以免造成儲槽因子異核效應，不利於次氯酸鈉溶液濃度之安定性。
5. 次氯酸鈉溶液儲存流程最重要因子為光直接照射所產生氣泡會產生鏈鎖反應，首要因子就是要避光。再考量次氯酸鈉溶液儲存溫度勿超過 40°C。為避免沈澱物鹽析效應及儲槽因子異核效應，應定期清洗儲槽及勿攪動溶液。

參考文獻

1. <http://www.ccp.com.tw/msds.nsf/0/45D333F88A22FBA448256CAF0021B569?OpenDocument>，次氯酸鈉物質安全資料表
2. 自來水公司，次氯酸鈉規格，83.1.27 台水質字

第2976號函

3. 周更生，水處理程序之氯氣替代品分析比較，20~25 (1994)
4. <http://general.chemistry.pu.edu.tw/henry/aerate.htm>，亨利定律實驗
5. 日本水道協會(JWWA)，自來水用次氯酸鈉規格(K120-1981)，1981
6. 台灣自來水公司第九區管理處檢驗室88年研究報告，1999

作者簡介

許國樑先生

現職：自來水公司第九區管理處檢驗室主任

專長：化學檢驗

淨水場廢水處理成效及回收再利用探討

文/樓基中、黃建二、韓佳芸、張嬉麗、賴明裕

摘要

近年來因暖化與氣候異常的全球危機，大幅增加水災及乾旱頻繁，未來更是面臨水資源危機，將影響民生需求及經濟發展甚鉅。為善盡水資源再利用與廢水回收再利用，故本研究以三座淨水場之廢水處理單元之水質分析結果做初步探討，評估其回收水水質是否符合自來水場放流水標準，瞭解廢水處理單元之處理成效，並且估算出回收水與原水混合後其混合原水水質狀況，進行綜合研判其是否符合目前水源標準及水回收可行性作一彙整和比較。

一、前言

自來水場的生產廢水主要來自膠凝沈澱池或澄清池的排泥水和快濾池的反沖洗廢水，最大可占整個水場每日產水量的 3%~7%。對這部分水進行回用，不僅可以節約水資源，提高水場的營運能力。另外，對廢水排放條件較差的水場來說，廢水回收再利用可以有效降低廢水的排放量，可以達到廢水減量的效果。目前國外的大型水場在設計時大都考慮了生產廢水的回用措施，但由於水質的問題，有相當部分的水場沒有或不常回用。這是因為這部分廢水中不僅匯集了原水中幾乎所有的雜質，還包括了在自來水淨水過程中投加的各種藥劑。如果這些物質重新回到淨水流程中，再加上可能產生的一些微生物，可能會造成自來水淨水處理上的困難。因此在考慮回用時，必須要進行了解及研究。

一般廢水的回收再利用方式可分成兩種，分別是直接回收和處理回收。直接回收：目前國內採用皆採用直接回收的方式，主要為快濾池反沖洗廢水直接回收和淨水過程中廢水上澄液回收。前者設置回收池，將濾池反沖洗廢水加以收集，送至原水處加以回收。後者設置污泥濃縮池，膠凝沈澱池排泥水和快濾池反沖洗水經過濃縮，上澄液送至原水處加以回收，底部污泥則進入污泥處理系統。這種回收方式本身費用較低，但需加強水質監測措施，一旦回收水水質不能滿足回收標準，必須降低回收負荷或不回收。處理回收：處理後回收是對淨水過程中所產生的廢水進行處理，使其水質滿足原水的法規標準後再回收。處理方式與廢水的水質有較大關係，如果處理費用高於原水費用且原水水量充沛，則此方法則較不適用。

目前國內對於淨水場之廢水回收並無相關之法規規定，對其水質也無一定之規範。而一般說來，若廢水不回收而逕行放流，廢水水質必須符合放流水標準，故國內外之各事業單位之廢水若為回收之用途，至少需符合放流水標準。但由於此回收水為回流至原水分水井與原水混合，此種混合原水是否符合飲用水水源水質標準，勢必會引起疑慮。故此部份也將針對混合原水是否符合飲用水水源水質標準加以評估。此部份將針對廢水處理單元—澄清液回收槽之分析結果做探討，首先預先評估其回收水水質是否符合自來水場放流水標準，如此可瞭解廢水

處理單元之處理成效。並且估算出回收水與原水混合後其混合原水水質狀況，進行綜合研判其是否符合飲用水水源標準。最後，則可將三座淨水場水回收可行性作一彙整和比較。

二、研究方法

本研究針對大高雄地區三座淨水場（澄清湖、坪頂和鳳山淨水場）其各廢水處理單元水樣進行分析，將三座淨水場分析結果作一彙整並進行廢水處理和廢水回收再利用處理成效評估。預定三座淨水場之採樣地點設計為表1所示。

本研究之現場採樣作業主要依據環保署公告之飲用水水質採樣方法－自來水系統採樣（NIEA W101.54A）規劃現場採樣程序，水質分析項目包含：pH、導電度、總溶解固體量（TDS）、懸浮固體（SS）、氨氮（NH₃-N）、總有機碳（TOC）、濁度和化學需氧量（COD）等。上述分析項目之水質檢測方法、樣品保存及分析步驟係依照環保署環檢所之標準方法進行。

三、結果與討論

(一)廢水處理單元回收水處理成效評估

在回收水處理成效評估方面，以下將針對不同淨水場之不同廢水處理單元加以說明。分別對四次採樣之分析結果整理，處理成效之計算方式為：

$$T(\%) = \frac{C_{in} - C_R}{C_{in}} \times 100\%$$

式中：T(%)：處理成效

C_{in}：廢水單元之進流濃度（mg/L）

C_R：回收之上澄液濃度（mg/L）

表1 澄清湖、坪頂和鳳山淨水場之廢水來源

淨水場 名稱	廢水 處理單元	水樣類型
澄清湖淨水場	廢水池	反沖洗廢水
		回收之上澄液
	廢水沈澱池	膠沈池廢水與廢水池底部濃縮液之混合廢水
		回收之上澄液
	污泥濃縮池	廢水沈澱池底部濃縮液
		回收之上澄液
鳳山淨水場	廢水池	膠沈池與反沖洗廢水
		回收之上澄液
	一次污泥濃縮池	廢水池底部濃縮液
		回收之上澄液
	二次污泥濃縮池	一次污泥濃縮池底部濃縮液
		回收之上澄液
坪頂淨水場	廢水池	反沖洗廢水
	一次污泥濃縮池	膠沈池底部排泥廢水
		回收之上澄液
	二次污泥濃縮池	一次污泥濃縮池底部濃縮液
回收之上澄液		

1. 總溶解固體量 (TDS)

圖 1、圖 2、圖 3 為四次採樣日之各淨水場廢水處理單元 TDS 處理成效計算結果。由圖可知，各水場廢水處理單元對廢水 TDS 值之改變不大，其處理成效為-15.66 % ~ 3.97 %。故 TDS 在經過廢水處理單元之處理後並無有明顯之改變。

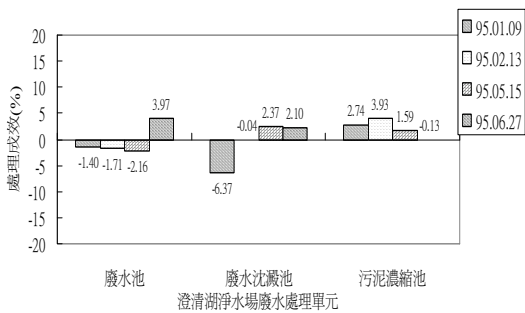


圖 1 澄清湖淨水場廢水處理單元 TDS 處理成效

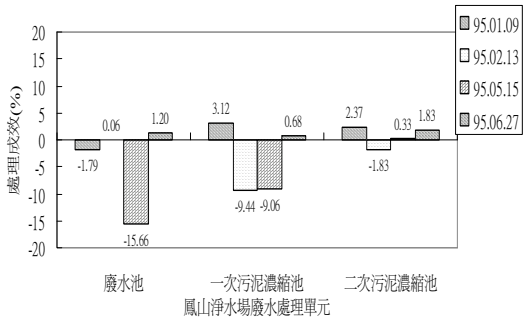


圖 2 鳳山淨水場廢水處理單元 TDS 處理成效

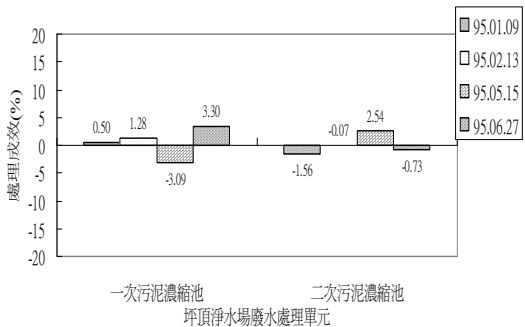


圖 3 坪頂淨水場廢水處理單元 TDS 處理成效

以三座淨水場來分析其處理成效，可發現澄清湖淨水場之處理成效為-6.37 % ~ 3.97 %；鳳山淨水場之處理成效為-15.66 % ~ 3.12 %；而坪頂淨水場之處理成效則為-3.09 % ~ 3.30 %。

2. 懸浮固體 (SS)

四次採樣之各淨水場廢水處理單元懸浮固體 (SS) 處理成效之結果如圖 4、圖 5、圖 6 所示。由圖可知，廢水處理單元對於懸浮固體 (SS) 之處理成效為 48.35 % ~ 99.92 %。而在四次採樣日中，可發現三座淨水場之廢水處理單元在對於懸浮固體 (SS) 之去除均有相當好之效果，同時可發現澄清湖淨水場之處理成效為 48.35 % ~ 99.82 %；鳳山淨水場之處理成效為 74.81 % ~ 99.88 %；而坪頂淨水場之處理成效則為 65.22 % ~ 99.92 %。

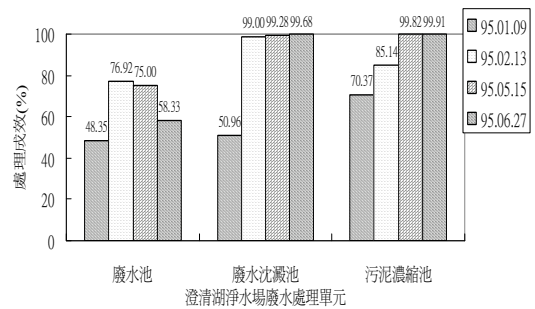


圖 4 澄清湖淨水場廢水處理單元 SS 處理成效

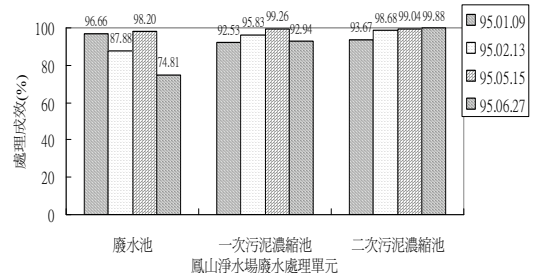


圖 5 鳳山淨水場廢水處理單元 SS 處理成效

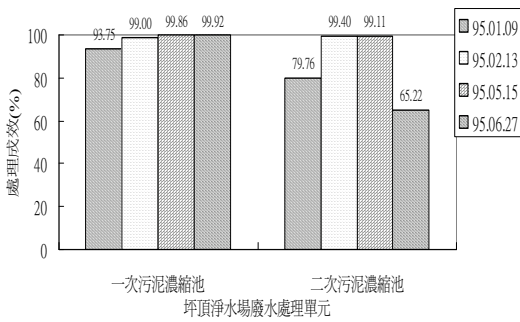


圖 6 坪頂淨水場廢水處理單元 SS 處理成效

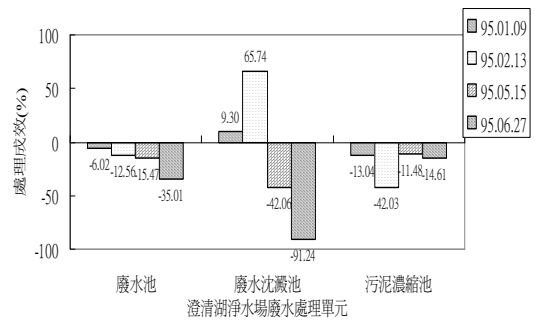


圖 7 澄清湖淨水場廢水處理單元 TOC 處理成效

3.總有機碳 (TOC)

四次採樣之各淨水場廢水處理單元總有機碳 (TOC) 處理成效計算結果如圖 7、圖 8、圖 9 為，其處理成效為-91.24 %~65.74 %。由圖可知，在四次採樣分析中，大致上淨水場廢水處理單元對於總有機碳 (TOC) 之處理效果並無一定之趨勢。若以三座淨水場來分析其處理成效，可發現澄清湖淨水場之處理成效為-91.24 %~65.74 %；鳳山淨水場之處理成效為-74.36 %~46.43 %；而坪頂淨水場之處理成效則為-39.73 %~55.42 %。

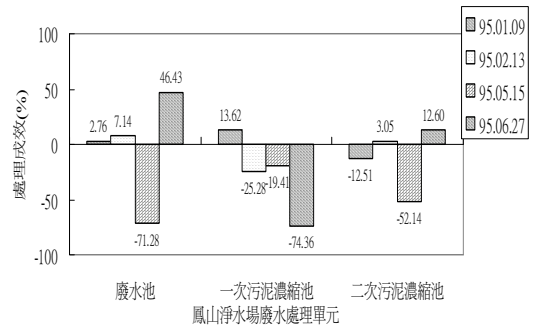


圖 8 鳳山淨水場廢水處理單元 TOC 處理成效

4.濁度

圖 10、圖 11、圖 12 為四次採樣之各淨水場廢水處理單元濁度處理成效計算結果，其處理成效為 24.15 %~99.99 %。由圖可知，在四次採樣日中，除了澄清湖淨水場之廢水池之外，其餘淨水場之廢水處理單元在對於濁度之去除均有相當之成效。

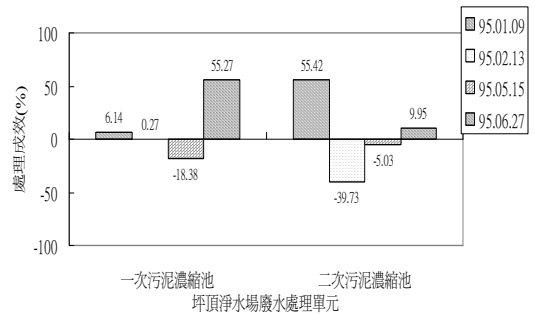


圖 9 坪頂淨水場廢水處理單元 TOC 處理成效

澄清湖淨水場之處理成效為 24.15 %~99.94 %；鳳山淨水場之處理成效為 68.65 %~99.56 %；而坪頂淨水場之處理成效則為 63.88 %~99.99 %。

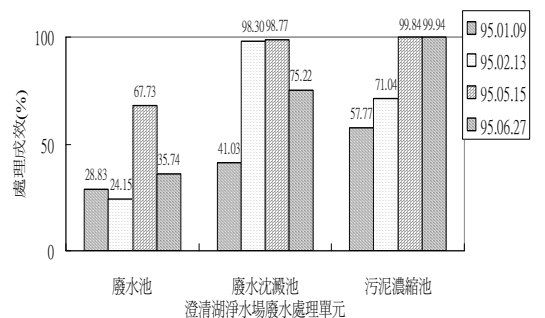


圖 10 澄清湖淨水場廢水處理單元濁度處理成效

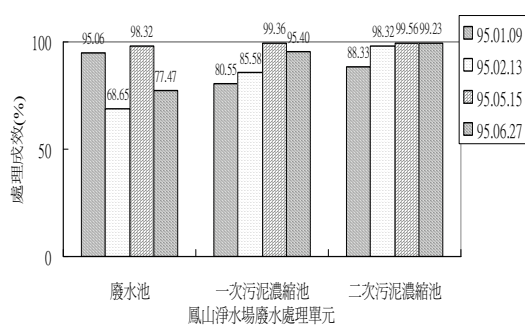


圖 11 鳳山淨水場廢水處理單元濁度處理成效

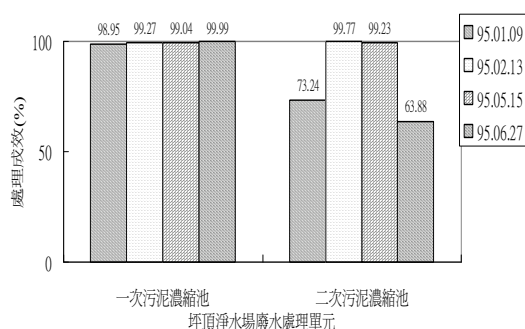


圖 12 坪頂淨水場廢水處理單元濁度處理成效

(二) 廢水處理單元回收再利用可行性探討

此章節將探討回收水與原水混合後，其水質是否符合飲用水水質標準，以達到評估回收水回收再利用之可行性。參考各淨水場所提供原水、回收水量、水質狀況，並配合本計畫所實際採樣分析之回收水水質，可估算出回收水與原水混合後之混合原水之水質。本研究在回收水之水質檢驗項目中包含有氨氮、TOC 及 COD，故針對此三項作一討論說明。

1. 氨氮 (NH₃-N)

圖 13 為四次採樣之混合原水氨氮估算值。飲用水水源水質標準中規範，原水之氨氮值必需小於 1 mg/L 方能作為飲用水水

源。由圖可知，估算出之氨氮值，四次採樣之混合原水氨氮均小於 1 mg/L。但由於鳳山淨水場之回收水是與二期原水混合後作為工業用水之原水，並非用以民生用水之原水用途，故原水水質並不在飲用水水源水質標準規範之內，所以就不再詳加討論。經由計算後發現，其混合原水之水質可符合飲用水水源水質標準，故可驗證出淨水場之廢水在氨氮此一項目上回收為可行的。而四次採樣之平均混合原水氨氮值為：澄清湖淨水場 0.13 mg/L、鳳山淨水場（二期）1.09 mg/L、坪頂淨水場 0.07 mg/L。

2. 總有機碳 (TOC)

圖 14 為四次採樣之混合原水總有機碳 (TOC) 估算值。飲用水水源水質標準中規範總有機碳值為 4 mg/L。由圖可知，估算出之四次採樣日之混合原水總有機碳值均小於 4 mg/L。顯示回收水經原水之混合與稀釋後之混合原水，可以符合飲用水水源水質標準，即廢水之回收有其可行性。而四次採樣之平均混合原水總有機碳值為：澄清湖淨水場 1.36 mg/L、鳳山淨水場（二期）2.78 mg/L、坪頂淨水場 0.84 mg/L。

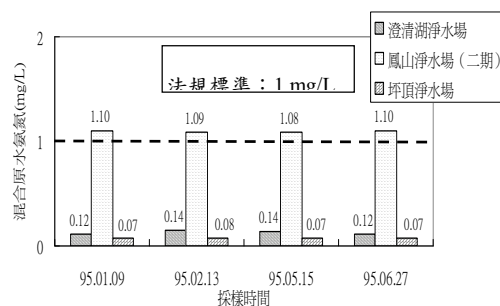


圖 13 混合原水氨氮估算值

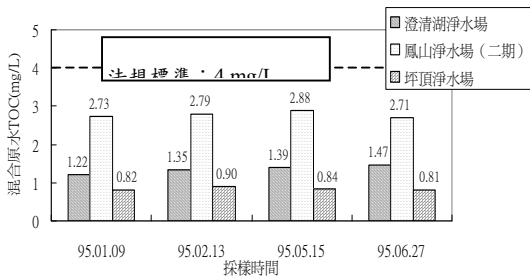


圖 14 混合原水總有機碳估算值

3.化學需氧量 (COD)

圖 15 為四次採樣之混合原水化學需氧量 (COD) 估算值。飲用水水源水質標準中規範化學需氧量值為 25 mg/L。由圖可知，估算出之四次採樣之混合原水化學需氧量值均遠小於 25 mg/L，顯示其廢水之回收有其可行性。而四次採樣之平均混合原水化學需氧量值為：澄清湖淨水場 9.63 mg/L、鳳山淨水場 (二期) 12.81 mg/L、坪頂淨水場 12.48 mg/L。

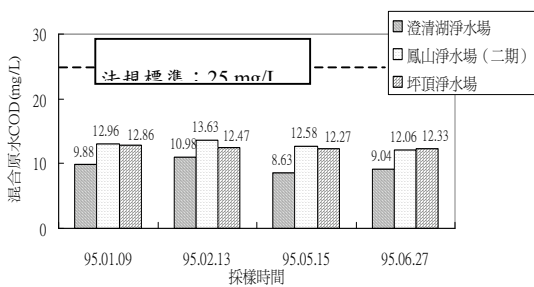


圖 15 混合原水化學需氧量估算值

四、結論

(一)淨水場既有廢水處理單元之處理成效評估

1.經由廢水處理單元之處理，可發現總溶解固體量 (TDS) 等項目之分析值變化不大。總溶解固體量 (TDS) 之變化為-15.66 %~

3.97 %。在懸浮固體 (SS) 與濁度方面，處理成效分別為 48.35 %~99.92 %、24.15 %~99.99 %。此結果顯示各淨水場之廢水處理單元在對於懸浮固體 (SS) 與濁度之去除均有相當良好之效果。

2.在總有機碳 (TOC)，其處理成效則分別 -91.24 %~65.74 %。大致上三大淨水場廢水處理單元對於總有機碳 (TOC) 之處理效果有限。

(二)廢水處理單元水回收再利用可行性探討

1.在混合原水氨氮估算值方面，除了鳳山淨水場之外，其餘之四次採樣日之混合原水氨氮均小於飲用水水源水質標準 1 mg/L。而四次採樣之平均混合原水氨氮值為：澄清湖淨水場 0.13 mg/L、鳳山淨水場 (二期) 1.09 mg/L、坪頂淨水場 0.07 mg/L。

2.在混合原水總有機碳 (TOC) 估算值方面，估算出之四次採樣日之混合原水總有機碳值均小於飲用水水源水質標準 4 mg/L。而四次採樣之平均混合原水總有機碳值為：澄清湖淨水場 1.36 mg/L、鳳山淨水場 (二期) 2.78 mg/L、坪頂淨水場 0.84 mg/L。

3.而在混合原水化學需氧量 (COD) 估算上，估算出之四次採樣之混合原水化學需氧量值均小於飲用水水源水質標準 25 mg/L。而四次採樣之平均混合原水化學需氧量值為：澄清湖淨水場 9.63 mg/L、鳳山淨水場 (二期) 12.81 mg/L、坪頂淨水場 12.48 mg/L。

4.在混合原水氨氮 (NH₃-N)、總有機碳 (TOC) 與化學需氧量 (COD) 等三項水質項目上，研究發現均合乎飲用水水源水

質標準。若僅由此三種水質項目評估廢水回收再利用之可行性，淨水場廢水之回收並不會造成原水水質超過飲用水水源水質標準之情形。

參考文獻

1. Benefield, L. D., Judkins, J. F., and Weand B. L., "Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment", Prentice-Hall, New Jersey, USA, 191-217 (1982).
2. Langer, S. J., and Klute, R., "Rapid Mixing in Sludge Conditioning with Polymers", Water Science and Technology, 28, 1, 233-242 (1993).
3. 大高雄地區自來水後續改善工程計畫網站，
<http://203.74.178.79/ks-water/index.htm>
4. 台灣省自來水公司網站，
<http://www.water.gov.tw/>
5. 李丁來，「大高雄地區自來水後續改善工程計畫簡介」，中華民國自來水協會會刊，第22卷，第4期，2003。
6. 美國自來水協會網站 (American Water Works Association, AWWA)，
<http://www.awwa.org/science/sun/>
7. 樓基中，「高雄地區給水系統水質惡化原因之探討」(台灣省自來水公司委託計畫)，2002。
8. 財團法人中華顧問公司，「澄清湖、拷潭、翁公園淨水場增設高級淨水處理設備委託技術服務工程細部實施計畫」，2002。
9. 財團法人中華顧問公司，「台灣省自來水公司民間參與鳳山淨水場淨水設施改善及營運案可行性評估報告」，2003。

作者簡介

樓基中教授

現職：國立中山大學環境工程研究所教授

專長：飲用水安全與調查、水資源管理與自來水工程、水污染與處理技術、觸媒與奈米應用、異臭味調查與改善

黃建二先生

現職：博士

專長：自來水工程、水污染與處理技術

韓佳芸小姐

現職：國立中山大學環境工程研究所博士後研究

專長：自來水工程、水污染與處理技術

張嬉麗小姐

現職：台灣自來水公司水質環保處副處長

專長：水質管理

賴明裕先生

現職：台灣自來水公司水質環保處工程師

專長：水質管理、廢棄物管理

以單袋式過濾器回收淨水場濾床反洗水

文/袁如馨、林柏廷、黃志彬、朱敬平

摘要

本文探討以薄膜單元回收小型淨水場快濾池反洗水之可行性。以實驗室小型薄膜過濾設備，進行分階段驗證，考量水質以及過濾處理後污泥去除含水率等因子，提供採用薄膜單元處理濾床反洗水之操作效能之最佳組合方案。

研究使用之系統為單袋式過濾器系統，原水來源為地下水為水源之淨水場濾床反洗水，利用微過濾系統處理後，比較五種薄膜之過濾通量，發現薄膜材質為 PP、孔徑 0.7 μm 之平均通量較高，因此用此薄膜過濾六座淨水場濾床反洗水。過濾水水質經檢測後，水質符合飲用水水質標準，可經加氯後直接作為公共給水用，因此可達到提升淨水場供水量以及廢水零排放之目的。污泥部分，過濾後之污泥若經風乾 12 小時，其含水率亦可符合廢棄物清理法中 85% 之規定，因此，本薄膜系統確可有效回收濾床反洗水並產生低含水率之污泥。

關鍵詞：反沖洗水、微過濾、污泥餅、鐵、錳

一、前言

快濾池(桶)反洗水為國內淨水場最主要的廢水來源，約佔淨水場每天處理水量的 2~5%^[1]，目前淨水場大多將濾床反洗水回收至原水快混池單元處理；國外方面，美國自來水協會(AWWA)於 1998 年曾對美國境內 335 個淨水場進行反沖洗水回流普查，發現有 83% 的淨水場回流反沖洗水至進水口，11% 至初沈池，4% 沈澱池，另有 2% 至過濾

單元前^[2-4]。但回流至前端單元處理會影響後續之加藥控制以及處理效能，並造成淨水場處理水之有害物質累積，影響飲用水安全。其中國內以地下水為水源之小型淨水場，常因廢水處理設施不足，再加上小型淨水場場區腹地不大以及擴建不符合經濟效益等考量，極易排放不合法規標準之廢水於河川中，為改善此現況，需一體積小且處理後水質佳之系統進行濾床反洗水之回收處理。

反沖洗廢水之主要組成物，來自附著在濾床介質之物質，因此廢水的成分複雜。EE&T 的調查報告指出，反沖洗水一般主要組成為鐵或鋁的氫氧化物、細微黏土顆粒、化學物質、微生物和濾料等，pH 約介於 7.2~7.8，BOD₅ 約 2~10 mg/L，COD 約 28~160mg/L，DOC 為 0.8~191mg/L^[5]。另一篇研究則針對國外六座淨水場之濾床反洗水水質進行分析，發現大部分淨水場之反洗水中主要成分為顆粒物質，少部分為溶解性之有機物、鋁、鐵及錳氧化顆粒，此股廢水回流至原水端會造成原水的污染與處理系統之負荷^[6,7]。

薄膜單元是一種固液分離單元，能夠將微粒物質阻隔在薄膜表面，可有效分離水體中顆粒物質以達到淨水效果。過去薄膜程序其實已被廣泛的使用在水源為地面水之濾床反洗水處理上，但針對水源為地下水之反洗水，薄膜或其他處理方法探討之研究較少，而以地下水為水源之反洗水水質特性與地面水有差異，地下水中除含有高濃度的固體物質外，亦含有較多的鐵、錳離子，因此，

鐵錳金屬濃度之去除亦為研究中必須解決的課題之一。且目前運用薄膜技術於實場淨水處理之經驗仍偏少，各場既有條件亦不同，其適用性值得深入評估。一般濾床反洗水之平均懸浮固體濃度約為數百 mg/L，水中顆粒濃度高，因此此類廢水已無法直接排放，需經過進一步處理後方能回收。因此，研究中希望藉由薄膜處理系統去除濾床反洗水中高濃度之濁度、SS 及鐵、錳金屬濃度，處理後之水質可達飲用水水質標準直接供水，不需再回收至原製程處理，降低淨水場之處理負荷，並達反洗水零排放之目標。另測試過濾後產生污泥之含水率，期能直接清運，解決因腹地不足，無法建置廢水沉澱池及污泥處理設備之問題。

二、研究方法

(一)原水來源及分析

原水來源為台灣六座淨水場之濾床反洗水，六座淨水場分別為新竹芎林淨水場、台中沙鹿及遠太淨水場、彰化花壇淨水場之大村五號井、雲林三條崙淨水場以及宜蘭圳頭淨水場，選擇此六座淨水場乃由於此六座淨水場無污泥處理設施，且無擴建用地，其中芎林、沙鹿以及遠太三座淨水場亦無廢水處理設施，因此選擇急需處理濾床反洗水之六座淨水場進行薄膜系統處理反洗水之可行性評估。由於反洗水濃度隨反沖洗時間增加而降低，國內淨水場濾池一般反沖洗時間為 10 分鐘，因此反洗水取樣依反沖洗 2、5 及 7 分鐘後所產生之反洗水混合而得。

自淨水場取得濾床反洗水後，分析反洗水水質包括「濁度、pH、導電度、SS、COD、氨氮、硝酸鹽氮」，其中重金屬則包含飲用水

水質標準項目「銀、鋇、總鉻、銅、鐵、錳、鎳、鉛及鋅」。

(二)實驗設備

處理設備為單袋式過濾器薄膜微過濾設備，使用之設備包含空氣壓縮機、抽水馬達、過濾器(含濾芯)、攪拌器、電子天秤及電腦。整體設備如圖 1 所示。其中，過濾器及濾芯為瑞士 Dr. M 公司製造，台灣由晉昌國際股份有限公司所代理之過濾設備，過濾器為一半徑 1.5 cm，高度 16 cm 之圓柱體，內部裝設一濾芯，濾芯半徑 1.5 cm，高度 16 cm，濾芯為六支含出水孔之細小管柱組成一梅花狀之管柱，管柱與管柱之間會有凹槽，又因以正壓氣體之方式吹乾污泥，因此污泥餅會在濾芯凹槽處形成裂縫，可使污泥餅卸下時較順利掉落。呈梅花狀設計之另一優點為利用空氣壓縮機之空氣反氣洗卸下污泥時，薄膜仍有一向外撐開之空間，致使污泥向外卸下之力量較大，污泥較容易卸下，此可解決污泥黏附於濾膜不易卸下之問題。濾膜包覆於濾芯表面過濾水質用，半徑為 1.5 cm，高度 14 cm，有效過濾面積為 0.012 m²，材質則包含聚丙烯 (Polypropylene, PP)、聚酯 (Polyester, UP)、聚偏二氟乙烯 (Polyvinylidene fluoride, PVDF)、聚苯硫醚 (Polyphenylenesulfide, PPS) 以及聚四氟乙烯 (Polytetrafluorethylene, PTFE) 五種，孔徑方面則選擇 0.7 μm、1~2 μm 及 2~5 μm 三種，材質 PP 方面使用 0.7 μm 孔徑，UP 則使用 0.7 μm，PVDF 使用 2~5 μm 之孔徑，PPS 使用 0.7 μm，PTFE 則使用 1~2 μm，選用此五種薄膜於試驗中，並比較相互間過濾通量及過濾水水質，藉此挑選最適合之薄膜種類。

(三)實驗方法與步驟

1. 清水試車

以清水進行試車，以瞭解系統運轉狀況和薄膜之初始通量，步驟乃將超純水置於原水槽後，開啓天秤並歸零，與電腦連線，打開進水閥件及未過濾閥件後，開啓抽水馬達，並利用調壓閥將壓力調整至所需數值。打開過濾閥件，並同時關閉未過濾閥件，進行清水重量之量測，求得過濾前之清水通量。

2. 反洗水過濾

清水試車結束後接續進行反洗水過濾實驗，首先將濾床反洗水水樣倒入原水槽中，並以攪拌器攪拌保持水樣水質均勻。開啓電子天平並歸零後，與電腦連線。打開進水閥件及未過濾閥件。確定打開後，開啓抽水馬達。利用調壓閥調整壓力至所需數值，經由正壓方式將反洗水擠壓通過薄膜層過濾，利用電子天秤紀錄累積濾液體積，計算此次平均過濾通量。

3. 污泥餅收集

稍微開啓外部壓力閥，使薄膜外部維持一定之壓力，以防排水時污泥餅落於水中。打開過濾器下方閥件，並將進水閥及抽水馬達關閉，將過濾器內之反沖洗原水排出。排出後，完全開啓外部壓力閥，調整氣體壓力至 2.5 kg/cm^2 ，吹乾污泥餅 5 分鐘，降低污泥餅之含水率。污泥吹乾後，利用空氣壓力 2.5 kg/cm^2 之力量由濾芯內部向外釋放，利用空氣之力量將污泥餅卸下，重複開關外部壓力閥五次，進行污泥脫落之程序。

4. 水力反洗

過濾後由於顆粒會累積於薄膜表面及孔徑中，將降低薄膜之通量，因此需進行水力反沖洗之步驟將累積於薄膜表面及孔徑中之污泥反洗出，回復過濾通量。首先開啓進水

閥件及過濾閥件使濾液充滿於濾芯中，此時調整內部壓力閥之壓力至 2.5 kg/cm^2 ，瞬間開啓閥件，利用水及空氣之力量完成進行水力反洗之動作，重覆上述步驟 5 次，完成水力反洗步驟。

三、結果與討論

(一) 反洗水水質

六座淨水場濾床反洗水水質如表 1 所示，由水質分析結果可得到，六座淨水場之濾床反洗水濁度皆不符合飲用水標準之 2.0 NTU 之規定，鐵錳濃度方面，除芎林淨水場符合飲用水規定外，其餘五座皆超出飲用水標準，因此，綜合六座淨水場濾床反洗水未符合飲用水水質標準之項目主要為濁度、鐵以及錳金屬濃度，此乃由於以地下水為水源之淨水場大多使用鐵砂及錳砂作為濾料，反洗後一部分鐵砂及錳砂被反洗出所導致。試驗中亦測得溶解性鐵及錳金屬濃度皆低於飲用水水質標準，因此得知鐵及錳金屬主要以顆粒形式存在，若薄膜系統能有效阻隔顆粒性物質，即可有效去除總鐵及總錳金屬濃度。此原水水質與國外反洗水水質性質類似，主要成分皆為濁度、鐵及錳氧化物^[7]。SS 濃度方面，除芎林及圳頭淨水場，其於四座淨水場 SS 皆不符合放流水標準。綜合上述，若能有效去除反洗水中濁度、SS、鐵以及錳金屬四種物質，水質即可符合飲用水之標準。

除此之外，芎林及圳頭之濾床反洗水原水水質符合放流水標準之 $\text{COD} < 100 \text{ mg/L}$ 和 $\text{SS} < 50 \text{ mg/L}$ 之規定，其濁度、總鐵及總錳濃度亦較其它四座淨水場低，因此不需處理即可直接排放。

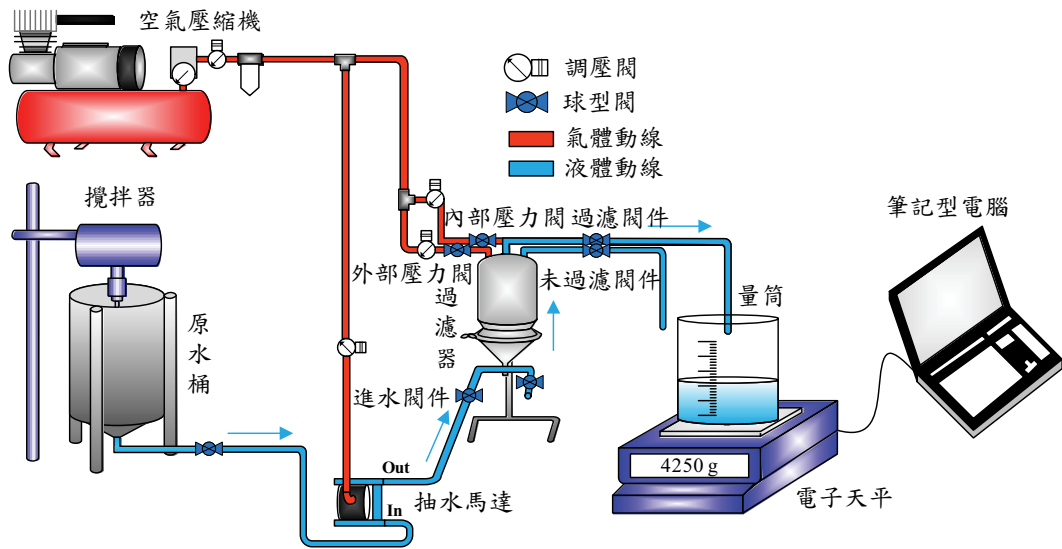


圖 1 單袋式過濾器微過濾裝置

表 1 六座淨水場濾床反洗水水質

場家名稱 分析項目 (單位)	台中沙鹿	台中遠大	彰化大村五號井	雲林三條崙	宜蘭圳頭	新竹芎林	飲用水水質標準
濁度 (NTU)	109	221	1103	39.5	8.1	5.62	2.00
pH	7.35	6.75	6.82	7.72	6.75	7.43	-
導電度 (μ S/cm)	254	167	285	462	106	304	-
懸浮固體物 (mg/L)	72.5	275.0	468.5	206.0	19.0	5.9	-
化學需氧量 (mg/L)	3.1	ND	50.4	2.9	7.4	7.6	-
溶解性化學需氧量 (mg/L)	4.5	6.4	14.5	4.3	3.7	3.7	-
氨氮 (mg/L)	0.06	0.04	0.20	0.04	0.03	1.50	0.10
硝酸鹽氮 (mg/L)	5.66	3.35	0.13	0.03	1.50	0.03	10.00
TOC (mg/L)	0.6	0.3	4.9	0.1	0.5	0.3	-
銀 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05
鉍 (mg/L)	ND	0.132	0.6	0.144	ND	ND	2.00
鍍 (mg/L)	ND	ND	0.022	ND	ND	ND	-
鉻 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05
銅 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.00
鐵 (mg/L)	20.2	86.4	273.8	70.1	0.855	ND	0.30
錳 (mg/L)	4.08	8.23	30.8	2.52	ND	ND	0.05
鎳 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.10
鉛 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05
鋅 (mg/L)	ND	ND	ND	0.192	ND	ND	5.00

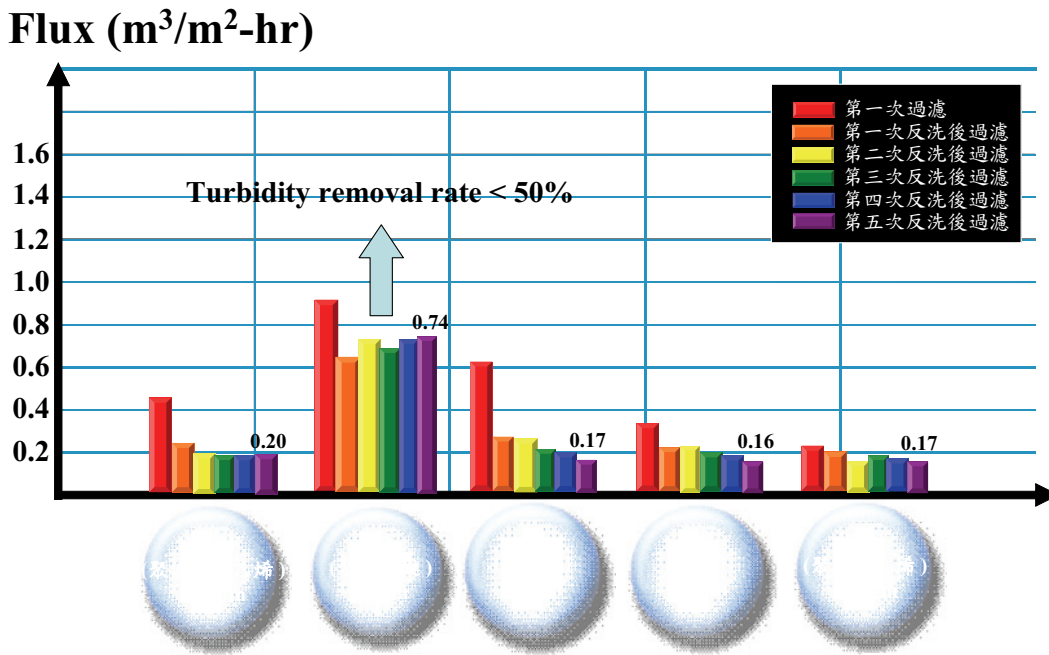


圖 2 不同濾膜材料處理三條崙淨水場濾床反洗水通量之比較

表 2 不同濾膜材料處理三條崙淨水場濾床反洗水之濾液濁度比較

過濾次數 (三條崙反洗水)	通量(m³/m²-hr)				
	PVDF 2-5 μm	PPS 0.7 μm	PP 0.7 μm	UP 0.7 μm	PTFE 1-2 μm
過濾水濁度 (NTU)	0.41	30.0	0.26	0.26	0.36

Condition : 三條崙反洗水, 壓力= 4.0 kg/cm², 反洗時間= 1.0 hr

(二)過濾通量

研究最初首要工作為挑選薄膜材質種類以及孔徑大小，試驗中測試之薄膜共五種，過濾通量測試中，操作壓力控制為 4.0 kg/cm²，反洗時間基於過濾測試，發現過濾一小時內，薄膜通量皆能達到相對於最初通量較穩定之狀態，因此反洗時間控制為一小時，原水方面，乃使用三條崙淨水場之濾床反洗水進行評估，反洗壓力為 2.5 kg/cm²，共反洗 5 次，平均過濾通量變化如圖 2 所示，由圖 2 發現通量最高之薄膜材質為 PPS，但研究中發現其過濾水濁度偏高，水中仍帶偏黃之顏色，表示使用此種濾膜時，水中之鐵

錳顆粒會通過濾膜孔隙，造成濾液濁度不佳，猜測其原因為此材質之薄膜厚度過薄所導致。五種薄膜過濾濾液濁度如表 2 所示，而使用材質為 PVDF、PP、UP 及 PTFE 薄膜之過濾水濁度則皆符合飲用水水質標準之 2 NTU 以下，其中，平均過濾通量又以材質為 PP、孔徑 0.7 μm 之濾膜通量最高，因此選擇此薄膜過濾六座淨水場之濾床反洗水。

使用上述材質為 PP、孔徑 0.7 μm 之濾膜過濾六座淨水場之濾床反洗水時，控制操作壓力為 4.0 kg/cm²，反洗時間為 1 小時，共反洗 5 次，反洗壓力 2.5 kg/cm²，六座淨水場反洗水平均過濾通量結果如圖 3 所示。

結果顯示，反洗水過濾通量由大至小順序為芎林淨水場>大村五號井>沙鹿淨水場>遠太淨水場>圳頭淨水場>三條崙淨水場。比較過濾通量及表 1 六座淨水場之反洗水水質可知，其過濾通量大小與顆粒濃度高低並無絕對關係，其中，芎林淨水場反洗水之通量雖最高，但其反洗水水質符合放流水標準可直接排放。因此，若欲建立薄膜模場系統處理濾床反洗水，會優先考量過濾通量次高且濁度最高之彰化花壇淨水場大村五號井濾床反洗水。

(三)過濾水水質

六座淨水場反洗水經薄膜系統處理後，過濾水水質如表 3 所示，由水質分析結果得到，pH 值及導電度幾乎不改變，顯示微過濾薄膜系統並無法去除反沖洗水中離子態的物質，此結果於其他研究相符^[8,9]。而處理前不

符合法規標準之濁度、SS、總鐵及總錳濃度，過濾後皆符合飲用水水質及放流水標準，因此，反洗水經薄膜系統處理後，可直接作為公共給水使用，並可有效提升淨水場之產水率和達到廢水零排放之目的，此結果與國外許多薄膜模場或實場的操作資料相符，國外反洗水經薄膜處理後，可有效去除濁度、總懸浮固體物和微生物等物質，處理後水質可達歐盟的飲用水水質標準。此外，基於更安全的考量則可於薄膜後加設消毒單元，消毒後可直接作為公共給水使用^[7,10,11]。因此，對於濾床反洗水，薄膜系統為一有效之處理方法。

(四)污泥含水率

水處理中，污泥之處理以及含水率亦為評估系統最重要的因素之一，六座淨水場濾床反洗水經薄膜過濾 3 小時，操作壓力為 4.0

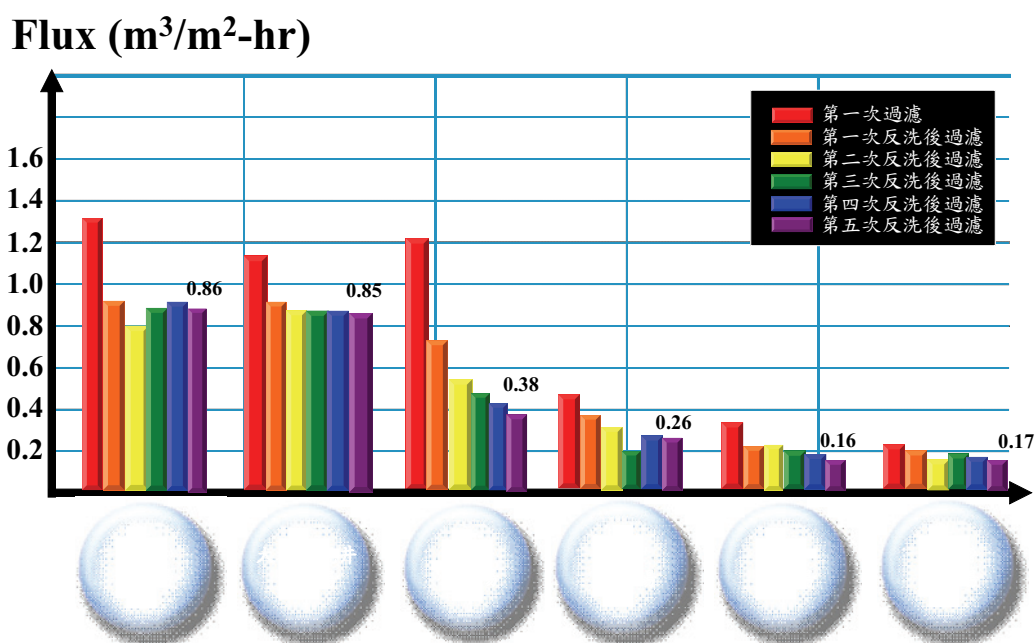


圖 3 六座淨水場濾床反洗水經單袋式過濾器系統處理之通量比較

表 3 六座淨水場濾床反洗水經單袋式過濾器系統處理後之過濾水水質

場家名稱 分析項目 (單位)	台中沙鹿 (PP 0.7 μm)	台中遠太 (PP 0.7 μm)	大村五號井 (PP 0.7 μm)	雲林三條崙 (PP 0.7 μm)	宜蘭圳頭 (PP 0.7 μm)	新竹芎林 (PP 0.7 μm)	飲用水水質 標準
濁度 (NTU)	0.13	0.17	0.33	0.26	0.33	0.46	2.00
pH	7.88	7.64	7.66	7.91	7.23	7.57	-
導電度 (μS/cm)	269	177	259	458	118	307	-
懸浮固體物 (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	-
化學需氧量 (mg/L)	ND	ND	3.4	ND	ND	ND	-
溶解性化學需氧量 (mg/L)	ND	5.6	3.8	5.0	ND	ND	-
氨氮 (mg/L)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.10
硝酸鹽氮 (mg/L)	3.54	4.00	0.16	ND	0.17	1.33	10.00
TOC (mg/L)	0.4	0.5	0.8	0.9	0.4	0.4	
銀 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05
鎳 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.00
鎘 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
鉻 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05
銅 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.00
鐵 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.30
錳 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05
鎳 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.10
鉛 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05
鋅 (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.00

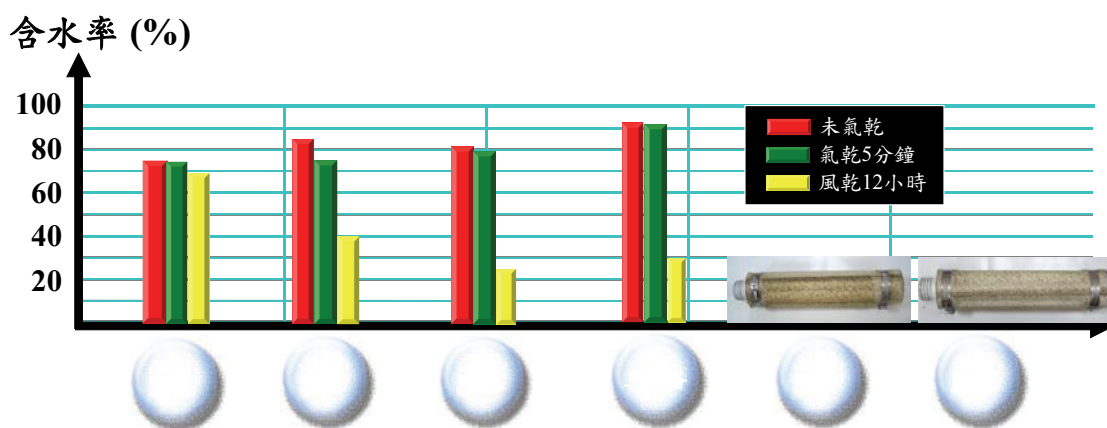


圖 4 六座淨水場濾床反洗水經單袋式過濾器系統處理後之污泥含水率

kg/cm²，污泥之含水率結果如圖 4 所示，研究中含水率分為三階段進行量測，第一階段為未經任何乾燥程序之污泥含水率，第二階段乃利用空氣壓縮機，使用 2.5 kg/cm² 壓力之空氣氣乾 5 分鐘後之含水率，第三階段則為風乾 12 小時後污泥含水率，由試驗結果可得到，未氣乾及氣乾 5 分鐘之污泥含水率

視各場污泥不同，其含水率約介於 70~90% 之間，其中，大村、沙鹿以及遠太三座淨水場反洗水過濾後產生之污泥，皆可符合「廢棄物清理法」中處理前含水率應低於 85% 以下之規定，因此可直接運送出廠，此結果與以地面水為水源之濾床反洗水，經 MF 過濾後所產生之污泥含水量相差不大，其污泥含

水量大都介於 80~85%之間^[12]。而風乾 12 小時之污泥含水率則視污泥厚度之不同而不同，約介於 30~70%之間，此時三條崙淨水場污泥風乾後之含水量亦能符合廢棄物清理法規定 85%之標準，可直接清運，無需後續處理，如此即可解決腹地不足以增設污泥濃縮設備之問題。此外，芎林及圳頭兩家淨水場由於水中顆粒濃度太低，三小時無法累積有效之污泥量，此需另外延長評估之。

四、結論

使用薄膜系統處理淨水場濾床反洗水以材質 PP、孔徑 0.7 μ m 之薄膜過濾後可得較佳水質及較大通量，因此未來若建立模場，此濾膜為第一選擇。過濾水經過濾後，各場家之過濾水皆符合飲用水標準，因此薄膜系統確可使淨水場達到提升供水量和廢水零排放之目的。過濾後測試污泥含水率，未氣乾及氣乾 5 分鐘之污泥含水率範圍約在 70~90%之間，經風乾後，視污泥種類及厚度，範圍約在 30~70%之間，其含水率符合廢棄物清理法規定之 85%，可直接清運處理。因此，若薄膜系統之建設及操作成本符合經濟效益，此技術可適用於處理淨水場之濾床反洗水，除了可完全回收濾水作為飲用水之用外，並直接產生脫水污泥。

參考文獻

1. Nasser, A., Huberman, Z., Dean, L., Bonner, F. and Adin, A. (2002) "Coagulation as pretreatment of SFBW for membrane filtration", *Water Sci Technol: Water Supply*, 2:5-6:301-306.
2. USEPA (2000) "National Primary Drinking Water Regulations: Long-term 1 Enhanced Surface Water Treatment and Filter Backwash Rule; Proposed Rule", *Fed. Reg. (Part II)*, 65, 69, 19046.
3. Environmental Engineering & Technology Inc. (1999) "Study on the Impact of a Ban on Recycle Backwash Residuals", AWWA Report.
4. Arora, H., Giovanni, G. D. and Lechevallier, M. (2001) "Spent filter backwash water contaminants and treatment strategies", *J. Am. Water Works Ass.*, 93 (5) 110-112.
5. Environmental Engineering & Technology, Inc. (1999) "Background Papers on Potential Recycle Streams in Drinking Water Treatment Plants", AWWA, 73.
6. John, E. T., James, K. E., Benjamin R. L. and Gary K. K. (2003) "Full-scale assessment of waste filter backwash recycle", *J. Am. Water Works Ass.*, 95 (7) 80-93.
7. Willemse, R. J. N. and Brekvoort Y. (1999) "Full-scale recycling of backwash water from sand filter using dead-end membrane filtration", *Wat. Res.*, 33 (15) 3379-3385.
8. Choo, K. H., Lee, H. and Choi, S. J. (2005) "Iron and manganese removal and membrane fouling during UF in conjunction with prechlorination for drinking water treatment", *J. Membrane Sci.*, 267, 18-26.
9. 吳志超 (2009) "以薄膜去除水中鐵錳研究", 台灣自來水公司技術報告。
10. Vos, G., Brekvoort, Y. and Buys, P. (1997) "Full-scale treatment of filter backwash water in one step to drinking water", *Desalination*, 113 283-284.
11. Dotremont, C., Molenberghs, B., Doyen, W., Bielen, P. and Huysman, K. (1999) "The recycle of backwash water from sand filters by ultrafiltration", *Desalination*, 126 87-94.

12.中興工程顧問社(2008)“以薄膜技術回收淨水場廢水之可行性研究”。

作者簡介

袁如馨教授

現職：交通大學生物科技系 副教授

專長：生物薄膜技術、污泥處理及再利用

林柏廷先生

現職：交通大學環境工程研究所 專任助理

專長：電解混凝技術、薄膜處理技術

黃志彬教授

現職：交通大學環境工程研究所 教授

專長：水及廢水處理技術、污泥處理及再利用、生物濾床應用技術

朱敬平博士

現職：中興工程顧問社環研中心 研究員

專長：薄膜處理技術

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

98 年 2 月 10 日第十六屆理監事會第十次聯席會議審議通過

一、目的

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

二、獎勵對象

就本會出版之一年四期「自來水」會刊論文中評定給獎論文，最多三篇，每篇頒發獎狀及獎金各一份，獎狀得視作者人數增頒之。

三、獎勵金額

論文獎每篇頒發獎金新臺幣貳萬元整，金額得視本會財務狀況予調整之。

上項論文獎金及評獎作業經費由本會列入年度預算籌措撥充之。

四、評獎辦法

(一)凡自上年度第二期以後至該年度第二期在本會「自來水」會刊登載之「每期專題」、「專門論著」及「實務研究」等論文，於編譯出版委員會委員推薦或由作者自行提出申請，由編譯出版委員會於每年六月底前召開初選會議，選出 6-9 篇候選論文，再將該候選論文送請專家學者審查 (peer-review)，每篇論文審查人以兩人為原則。

(二)本會編譯出版委員會主任委員於每年七月底前召集專家學者 5~7 人組成評獎委員會，就專家審查意見進行複評，選出給獎論文，報經本會理監事會議遴選核定後公佈。

五、頒獎日期

於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

回收廢水水質對淨水處理影響之研究

文/張添晉、陳孝行、游勝傑

摘要

基於台灣水資源短缺及因應資源再利用之國際環保趨勢，回收廢水並再利用更顯其必要性，台灣自來水公司回用淨水場程序廢水早已行之有年，但回用廢水後污染物重複累積而增加淨水處理之負荷或提高後續飲用風險之疑慮，卻為鮮少探討之議題。本研究挑選國內 6 座具有代表性之淨水場，針對各場枯水時期之廢水水質進行實際檢驗，結果顯示各淨水場廢水之共通特性為高固含量、高濁度及含高濃度藻類等；以地下水為水源之淨水場尚有鐵、錳含量較高之問題；各場程序廢水經過沉澱濃縮處理後，皆可有效淨化成為適合回收再利用之水源，且廢水回用對淨水程序並無增加或僅略微增加負荷，本研究根據廢水水質狀況分別推算適合各場廢水回用之操作參數，如廢水來源、回收方式及回收率等；另以風險評估分析廢水回用之安全性，結果顯示各淨水場因廢水回用所造成之風險皆於安全可接受之範圍內，故只要將廢水回用之操作條件控制適當，應可提升廢水回用之安全性及可行性。

關鍵字：回收廢水、最適化控制、風險評估

一、前言

隨著經濟發展及國民生活品質提升，為滿足民眾需求，及因應未來現代化、專業化及國際化的需求，善用水資源為目前各國之趨勢，加上台灣地理特性，致天然水源不

足，故水資源之再利用實為重要。現行台灣自來水公司各淨水場對於淨水程序所產生之廢水，普遍均採取廢水回收再利用之途徑，並將回收廢水作為自來水水源的一部份，實行淨水場廢水全量回收或多量回收方式處理，不僅可以節約水資源，提高水資源再利用率，更可減少廢水的排放量，逐步邁向水資源永續利用社會。

淨水場欲回收使用之程序廢水主要來自於膠凝沉澱池廢水及快濾池之反沖洗廢水，約占淨水場每日產水量的 2%~10%^[1,2]。依照回收與再利用方式可分成直接回收和處理回收兩類；目前國內外淨水場多採用直接回收方式，係以廢水池、污泥濃縮池等設備進行簡易處理後回收廢水再利用^[3]，可降低回用廢水成本，但需進行水質監測，若回收廢水水質不符合回收標準，必須降低回收量甚至不回收以避免增加淨水負荷^[4]。處理回收則是將程序廢水處理至水質滿足自來水原水的法規標準後再回收，近年以薄膜處理廢水之技術最廣泛發展，根據國外許多薄膜模廠或實廠操作的資料顯示，反沖洗廢水經薄膜處理後，可有效去除濁度、懸浮固體物及微生物等物質，處理後水質可達歐盟的飲用水水質標準，若基於更安全的考量則可於薄膜後加設 UV 消毒，消毒後即可回收直接作為公共給水使用^[5]。

另於廢水水質特性與回用之關係上，反沖洗廢水之回用安全性目前尚有多方說法，部分研究顯示直接回流對混凝沉澱後水

質並無明顯影響，甚至可以一定程度提升混凝沉澱效果，探就其原因為回流之反沖洗廢水含有眾多不穩定、沉降性頗佳之微粒，可以明顯增加碰撞頻率，促進混凝程序之進行^[1]；但亦有研究指出反沖洗廢水之回用尚有原蟲及微生物累積等問題^[6]。而針對膠凝沉澱池廢水直接回用之研究結果指出回用廢水可以提高色度、COD、Mn 和氨氮的去除率，主要是因為廢水中含有的大量 $Al(OH)_3$ 沉澱物發揮的卷掃和吸附功能^[7]。

又針對廢水回收操作之研究，廢水迴流比例為 5~10%時，可將迴流水中微生物數量對原水之衝擊降至最低^[3]，此外，將廢水迴流至混凝單元之前，迴流率設定為 4.3%、10% 及 20%，証實提高迴流率能夠加強混凝沉澱單元對微生物囊孢的移除效率，提升出流水品質^[1]。因此可知回收廢水之操作條件只要廢水水質良好且將回收率控制於合理範圍內，應可提升廢水回用之安全性及可行性。

綜合上述研究，淨水場回收程序廢水再利用固然可提升水資源之使用效益，並有效減少廢污排放，但廢水中所包含之大量有

機、無機物、生物性、重金屬及化學藥劑等污染物質，是否於回用後造成水質惡化、增加淨水處理負荷等問題，皆有待深入探討；另廢水回收後將回流至淨水程序與原水混合，此種混合水是否符合飲用水水源水質標準，亦有飲用風險上之疑慮。故本研究選擇台灣 6 座較具代表性之淨水場，以實際檢驗回收廢水水質之方式，探究其廢水回收之可行性並進行風險評估之調查，藉以擬定最適化之廢水回收操作參數。

二、研究方法

(一)淨水場之選擇

由於各淨水場原水水質特性及淨水操作程序不同，導致所產生之廢水水質特性亦不盡相同，本研究以地理區域、淨水場處理容量、水源區別及不同原水特性等因素作為淨水場選擇考量依據，選取具有代表性之板新、鯉魚潭、坪頂等 3 座大型淨水場，及龍潭、彰化第三、麥寮第二等 3 座中小型淨水場，各淨水場特性資料比較及地理位置分布整理如表 1 及圖 1 所示。

表 1 淨水場特性資料比較表

淨水場	類型	平均出水量	水源區別	不同原水特性
板新	大型	710,000CMD	石門水庫流經大漢溪之地面水	總菌落數、大腸桿菌數高
鯉魚潭		600,000CMD	鯉魚潭水庫	藻類含量高
坪頂		550,000CMD	高屏溪河川水、伏流水及地下水	固含量高
龍潭	中小型	50,000CMD	石門水庫	藻類含量高
彰化第三		30,000CMD	地下水	含砷量高
麥寮第二		32,000CMD	地下水	含砷量高



圖 1 各淨水場地理位置分佈圖

(二)採樣與水質檢測

本研究規劃由不同廢水來源、廢水回收來源及廢水混合前後等採樣點之水質分析，探究廢水從產生到回收過程中之水質變化趨勢，並與原水及廢水混入原水後之水質進行差異比較；採樣工作之執行期間為 98 年 4 月 28 日至 98 年 5 月 15 日。

檢測項目分類分別為一般、重金屬、生物及地下水部份，項目內容如表 2 所示，各淨水場所有樣品皆須檢測一般及重金屬項目；僅有原水及廢水回收單元樣品需檢測生物項目；地下水項目則針對使用地下水為水源的彰化第三淨水場及麥寮第二淨水場進行檢測；另為配合自來水公司之需求，鯉魚潭淨水場之樣品增加重金屬錳項目的檢測，其檢驗分析皆依照環檢所公告之標準內容執行。

(三)最適化控制參數探討

目前國內對於淨水場之廢水回收及其水質並無相關之法規規範，一般而言，若廢水不回收而逕行放流，廢水水質必須符合放流水標準，因此國內外之各事業單位之廢水

若為回收之用途，至少須符合放流水標準，本研究將檢測結果與放流水標準之 80%(自來水公司內控標準)進行比較，用以建立枯水期之回收廢水特性與操作參數之關係，並分別針對不同廢水來源、回收方式及回收率等三面相進行探討，藉以評估淨水場回收廢水再利用之可行性及最適化操作條件之探討，其各項水質標準整理如表 3 所示。

(四)健康風險評估

回收廢水中以重金屬砷對飲用之健康風險影響較為嚴重，故本研究主要針對淨水場回收廢水中之砷污染物進行風險評估，藉以做為回收廢水之安全性指標。而依照 NAS-NRC 模式之評估步驟包含危害鑑定、劑量反應評估、暴露評估及風險特徵化，以下分述四項風險評估步驟所涉及之操作與受體範圍：

1.危害鑑定

本研究將危害標的物定義為廢水中之無機砷，其已為世衛組織認定之人類一級致癌物，長期暴露可導致皮膚癌及肺癌等多種癌症與心血管疾病，故後續風險評估將分別

針對廢水中無機砷所造成之致癌與非致癌兩部分進行探討。

2.劑量反應評估

主要探討人體暴露污染物砷之程度高

低與其產生反應之機率、嚴重程度間之關聯性，並估算致癌或非致癌毒性因子以供後續程序進行，本研究以美國環保署綜合風險資訊系統(Integrated Risk Information System,

表 2 水質檢測項目與內容

檢測分類	項目內容
一般項目	一般項目：pH 值、溫度、導電度、濁度、鹼度、氨氮、COD、總餘氯、SS、大腸桿菌群、藻類等 11 項。
重金屬項目	重金屬項目：溶解鋁、重金屬鉛、鎘、鉻、汞、硒、砷等 7 項。
生物項目	隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲等 2 項。
地下水項目	鐵、錳等 2 項。

表 3 水質項目之放流水標準與自來水公司內控標準

分類	項目	放流水標準	自來水公司內控標準
一般項目	pH 值	6.0-9.0	6.5-8.5
	溫度(°C)	38	30.4
	導電度(μS/cm)	-	-
	濁度(NTU)	-	-
	餘氯(mg/L)	0.5	0.4
	鹼度(mg CaCO ₃ /L)	-	-
	氨氮(mg/L)	10	8
	化學需氧量(mg/L)	100	80
	懸浮固體(mg/L)	50	40
	藻類	-	-
重金屬項目	溶解鋁(mg/L)	-	-
	鉛(mg/L)	1	0.8
	鎘(mg/L)	0.03	0.024
	鉻(mg/L)	0.5	0.4
	汞(mg/L)	0.005	0.004
	硒(mg/L)	0.5	0.4
	砷(mg/L)	0.5	0.4
生物項目	梨形鞭毛蟲	-	-
	隱孢子蟲	-	-
地下水項目	鐵(mg/L)	10	8
	錳(mg/L)	10	8

IRIS)所提供之資料推算可得，無機砷之口服食入致癌斜率(SF)為 $1.5(\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{day})^{-1}$ ；而非致癌性之參考劑量(RfD)則為 $0.3 \mu\text{g}/\text{kg body weight}/\text{day}$ 。

3. 暴露評估

暴露評估為分析回收廢水之無機砷在暴露期間進入人體且被吸收之濃度，本研究僅針對食入途徑計算無機砷之總慢性每日攝取劑量(Chronic Daily Intake, CDI)，計算公式如式(1)，而暴露評估參數彙整如表 4。

$$CDI = \frac{CW \times CR \times CF}{BW} \times \frac{EF \times ED}{AT} \quad (1)$$

另本研究將水中砷濃度(CW)定義為水源經過淨水程序去除水中砷後，出流之清水中砷濃度，傳統淨水程序較常使用之除砷技術為混凝沉澱過濾法^[8]，其砷之去除效率為 80%-95%，本研究採用去除率 90%計算之，如式(2)所示，計算可得經淨水處理後出流清水之砷濃度。

$$CW = As \times (1 - 0.9) \quad (2)$$

4. 風險特徵化

風險特徵描述以非致癌部分為主，以危害指標(Hazard Index, HI)做為評估指標，其計算如式(3)所示，即為受體一生中因污染物砷暴露所造成之非致癌風險程度。

$$HI = \frac{ExposureDose(CDI)}{RfD} \quad (3)$$

三、廢水回收對淨水處理影響之研究

(一) 廢水來源

本研究調查北中南之 6 間淨水場，各淨水場中兩道程序廢水之水質共通特性為高固含量、高濁度及含高濃度藻類等；另使用地下水為水源之彰化第三淨水場及麥寮第二淨水場尚有鐵、錳含量較高之問題；但兩道程序廢水在經過簡易處理如沉澱濃縮後，皆能適度改善水質狀況，且因台灣枯水期時常出現缺水危機的情況，故將反沖洗廢水及混凝沉澱池廢水回收再利用仍有價值及必要性。

表 4 飲用水食入暴露參數

參數	參數名稱	單位	數值	參考資料來源
CW	清水中砷濃度	mg/L	實測值	本研究水質檢驗數據
CR	飲用水攝取率	L/day	1.4319	土壤及地下水污染場址健康風險評估評析原則參數使用指引，2005
EF	暴露頻率	day/year	350	土壤污染評估技術規範之研究計畫，2000
ED	暴露期間	years	70	U.S. EPA(1991)
CF	吸收率	%	95	D. Caussy(2003)
BW	體重	kg	64.56	國民健康訪問暨藥物濫用調查，(2005)
AT	平均暴露時間	years	28273	行政院衛生署(2006)

(二)廢水回收方式

廢水回收方式應以水量及水處理費用做為評估之依據，就枯水期狀況而言，當原水資源較少，而程序廢水可經簡易之沉澱濃縮處理達到良好水質，整體回用費用低於原水費用時，可以考慮直接回用；而目前本研究 6 間淨水場之程序廢水經沉澱濃縮後，皆以直接回收方式回到淨水程序中再利用，其廢水水質作為回用對淨水程序並無增加或僅略微增加負荷，因此直接回收應為合適之回用方式。

(三)廢水回收率與水質

由水質檢測結果顯示，大型淨水場通常有較多的廢水回收來源，但水質狀況不一，其回收廢水之濁度、懸浮固體及藻類濃度普遍較高；而僅有一道廢水回收源之中小型淨水場，水質狀況卻較好，因此本研究利用濁度、懸浮固體、藻類及微生物作為判斷廢水回用後淨水系統受衝擊程度之重要指標，將各淨水場回收廢水種類、回收適用性與初步擬定回收率評估整理如表 5 及表 6 所示。

板新淨水場之廢水回收到污泥濃縮池處理後可達到合適回收之水質，但儲存於回收池後之廢水回用較有風險疑慮，因此建議將污泥濃縮池上澄液直接回用且可全量回收，但回收池廢水則需以少量回收使用以避免增加淨水負荷。而鯉魚潭淨水場之廢水經沉澱濃縮處理後，於廢水池及污泥濃縮池之

上澄液皆為合適之廢水回收源，兩者皆可以全量回收。另坪頂淨水場之混凝沉澱廢水經污泥濃縮池回收後，其上澄液水質良好但尚有蟲體累積之問題，因此需酌減回收量較為適當，而回收反沖洗廢水及污泥再濃縮池上澄液之廢水池，其廢水水質較差，若後續並無再經沉澱濃縮處理，則回收量亦應減少。至於中小型之龍潭、彰化第三及麥寮第二淨水場，則因廢水皆為良好且適合再利用之水體，因此建議皆可 100% 全量回收。

四、風險評估

本研究為深入探討廢水回用之安全性，因此針對枯水期之原水、回收廢水及原水與廢水混合等 3 種水源情境模式分別探討，藉以釐清廢水回用對於飲用風險之貢獻程度，3 種水源情境模式之計算或假設條件分述如下，而 3 種水源經過去除 90% 水中砷之淨水程序後，其清水剩餘砷濃度(CW)彙整如表 7 所示。

- 1.原水：以實際原水水樣之檢測數據作為原水砷濃度。
- 2.回收廢水：為區分原水與廢水混合為後，單純由廢水中之砷污染物所造成之危害風險，因此假設原水中不含砷污染物(即 $C_o=0$)，而廢水與原水混合後，廢水所含之砷污染物成為水中砷唯一來源；後續再以各淨水場實際廢水與原水混合比例計算水中砷濃度，計算如式(5)所示。

$$A_s = \frac{C_o \times Q_o + \sum_{i=1}^n C_{r,i} \times Q_{r,i}}{Q_o + \sum_{i=1}^n Q_{r,i}} = \frac{C_o \times Q_o}{Q_o + \sum_{i=1}^n Q_{r,i}} + \frac{\sum_{i=1}^n C_{r,i} \times Q_{r,i}}{Q_o + \sum_{i=1}^n Q_{r,i}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{r,i} \times Q_{r,i}}{Q_o + \sum_{i=1}^n Q_{r,i}}$$

As：原水與回收廢水混合後之砷濃度(mg/L)

Co：淨水場原水之砷濃度(mg/L)

Cr：回收廢水之砷濃度(mg/L)

Qo：淨水場原水水量(L)

Qr：回收廢水水量(L)

表 5 大型淨水場之回收廢水種類、適用性與回收建議

大型淨水場		板新淨水場		鯉魚潭淨水場		坪頂淨水場	
回收廢水種類 水質		濃縮池 上澄液	回收池 廢水	廢水池 上澄液	污泥濃縮池 上澄液	污泥濃縮池 上澄液	廢水池 廢水
一般 項目	pH 值	○	○	○	○	○	○
	溫度	○	○	○	○	○	○
	導電度	○	○	○	○	○	○
	濁度	○	※	○	○	○	○
	餘氯	○	○	○	○	○	○
	鹼度	○	○	○	○	○	○
	氨氮	○	○	○	○	○	○
	化學需氧量	○	○	○	○	○	○
	懸浮固體	○	X	○	○	○	X
	大腸桿菌	○	○	○	○	○	○
	藻類	○	※	○	○	○	※
重金 屬 項目	溶解鋁	○	○	○	○	○	○
	鉛	○	○	○	○	○	○
	鎘	○	○	○	○	○	○
	鉻	○	○	○	○	○	○
	汞	○	○	○	○	○	○
	硒	○	○	○	○	○	○
	砷	○	○	○	○	○	○
生物 項目	梨形鞭毛蟲	○	○	-	○	※	-
	隱孢子蟲	○	○	-	○	○	-
地下 水 項目	鐵	-	-	-	-	-	-
	錳	-	-	○	○	-	-
枯水期廢水回收 建議		全量回收	需減量 回收	全量回收	全量回收	需減量 回收	需減量 回收

註：「○」為符合內控標準、「X」為不符合內控標準；「※」為無內控標準，但濃度高於可接受範圍；「-」為無檢測。

表 6 中小型淨水場之回收廢水種類、適用性與回收建議

中小型淨水場		龍潭淨水場	彰化第三淨水場	麥寮第二淨水場
回收廢水種類		沉澱池上澄液	廢水沉澱池上澄液	廢水池上澄液
水質				
一般 項目	pH 值	○	○	○
	溫度	○	○	○
	導電度	○	○	○
	濁度	○	○	○
	餘氯	○	○	○
	鹼度	○	○	○
	氨氮	○	○	○
	化學需氧量	○	○	○
	懸浮固體	○	○	○
	大腸桿菌	○	○	○
	藻類	○	○	○
重金屬 項目	溶解鋁	○	○	○
	鉛	○	○	○
	鎘	○	○	○
	鉻	○	○	○
	汞	○	○	○
	硒	○	○	○
	砷	○	○	○
生物 項目	梨形鞭毛蟲	○	○	○
	隱孢子蟲	○	○	○
地下水 項目	鐵	-	○	○
	錳	-	○	○
枯水期廢水回收建議		全量回收	全量回收	全量回收

註：「○」為符合內控標準、「X」為不符合內控標準；「※」為無內控標準，但濃度高於可接受範圍；「-」為無檢測。

表 7 三種水源經淨水程序後之清水中剩餘砷濃度(枯水期)

淨水場 砷濃度(mg/L)	大型淨水場			中小型淨水場		
	板新	鯉魚潭	坪頂	龍潭	彰化第三	麥寮第二
原水	2.9×10^{-4}	0	1.5×10^{-4}	0	1.1×10^{-4}	2.46×10^{-3}
回收廢水	2.46×10^{-5}	1.64×10^{-6}	3.53×10^{-6}	0	5.33×10^{-5}	6.62×10^{-5}
原水+回收廢水	2.99×10^{-4}	0	1.9×10^{-4}	0	2.2×10^{-4}	2.75×10^{-3}

註：砷檢測數值為「0」者(ND<0.0005 mg/L)，清水中剩餘砷濃度亦為「0」

表 8 枯水期各淨水場使用 3 種水源之 CDI 及 HI 計算結果彙整

計算結果 使用水源	淨水場	CDI(mg/kg-day)	HI
原水	板新	5.30×10^{-6}	1.76×10^{-2}
	鯉魚潭	0	0
	坪頂	2.74×10^{-6}	9.13×10^{-3}
	龍潭	0	0
	彰化第三	2.01×10^{-6}	6.69×10^{-3}
	麥寮第二	4.49×10^{-5}	1.50×10^{-1}
回收廢水	板新	4.49×10^{-7}	1.5×10^{-3}
	鯉魚潭	2.99×10^{-8}	9.98×10^{-5}
	坪頂	6.44×10^{-8}	2.15×10^{-4}
	龍潭	0	0
	彰化第三	9.74×10^{-7}	3.25×10^{-3}
	麥寮第二	1.21×10^{-6}	4.03×10^{-3}
原水+回收廢水	板新	5.45×10^{-6}	1.82×10^{-2}
	鯉魚潭	0	0
	坪頂	3.47×10^{-6}	1.16×10^{-2}
	龍潭	0	0
	彰化第三	4.02×10^{-6}	1.34×10^{-2}
	麥寮第二	5.02×10^{-5}	1.67×10^{-1}

註：清水中剩餘砷濃度為「0」者，CDI、Risk 及 HI 計算結果亦為「0」。

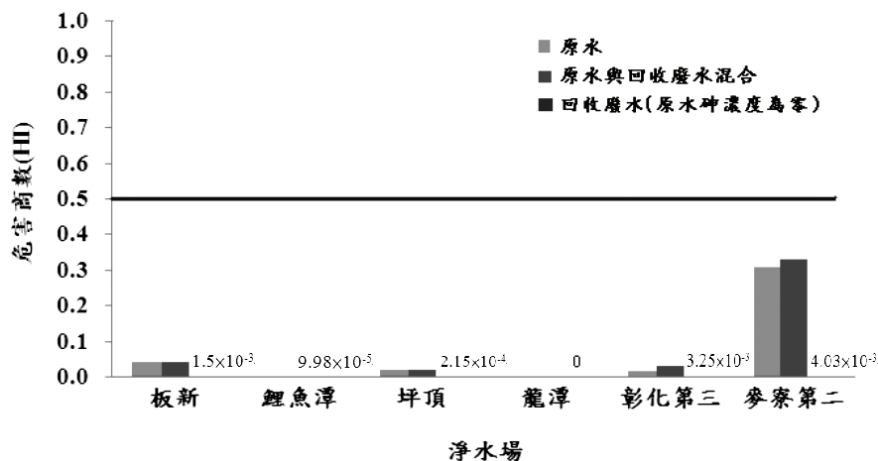


圖 2 各淨水場使用 3 種水源之 HI 比較

3.原水與廢水混合水：以各淨水廠將回收廢水注入淨水程序中之混合點，以各點之實際水樣檢測數據作為原水與廢水混合後之水中砷濃度，如板新及坪頂淨水場為分水井、鯉魚潭及龍潭淨水場為快混池、彰化第三淨水場為氣曝塔，以及麥寮淨水場為膠羽池。

以上述 3 種水源情境模式分別計算重金屬砷所導致之非致癌性危害風險值，其慢性每日攝取劑量 CDI 及危害指標(HI)之計算結果分別彙整如表 8 所示。針對各淨水場 3 種水源之非致癌危害指標(HI)結果比較如圖 2 所示，龍潭因原水、回收廢水及原水與廢水混合水之砷含量皆為 0(ND<0.0005 mg/L)，故廢水回用並無暴露砷及造成非致癌效應之風險；其餘 5 座淨水場使用 3 種水源之危害指標皆小於 1，因美國環保署將危害指數指標定義為小於 1 即不會造成顯著損害，故 6 座淨水場之砷暴露皆低於會產生不良反應之閾值，推論廢水回用將不會造成非致癌部分之健康損害。

五、結語

由水質檢測結果顯示，大型淨水場回收

廢水之水質狀況不一，其回收廢水之濁度、懸浮固體及藻類濃度普遍較高；而中小型淨水場回收廢水之水質狀況卻較好。因此根據各淨水場回收廢水水質特性及考量台灣枯水期之缺水情況，本研究建議大型淨水場中水質較良好之回收水源如板新之濃縮池上澄液及鯉魚潭之廢水池上澄液、污泥濃縮池上澄液，皆為適合多量或全量回收之水體；而板新之回收池廢水及坪頂之污泥濃縮池上澄液、廢水池廢水則需減量或少量回收以避免回用後增加淨水程序之負荷；中小型淨水場之回收廢水皆為適合多量或全量回收之水體。另回收廢水之砷風險評估結果顯示，6 座淨水場於非致癌風險評估皆屬可接受之安全範圍，顯示廢水回用並無造成非致癌危害之風險，故只要選用適合各淨水場之廢水回收種類、回收方式及回收率等操作參數，廢水即可安全回收再利用。

參考文獻

1.Cornwell, D. A. and MacPhee, M. J.,Effect of spent filter backwash recycle on Cryptosporidium removal, Journal of American Water Works Association, 93(153-162), 2001

2. Adin, A., Dean, L., Bonner, F., Nasser, A. and Huberman, Z., “ Characterization and destabilization of spent filter backwash water parrticles” , Water Science and Technology: Water Supply, 2(115-112), 2002
3. Arora, H., Giovanni, G.D. and Lechevallier, M., “Spent filter backwash water contaminants and treatment strategies” , Journal of American Water Works Association, 93(100-112), 2001
4. Edzwald, J. K. and Tobiason, J. E., “Fate and removal Crytosporidium in a dissolved air flotation water plant with and without recycle of waste filter backwash water” , Water Science and Technology: Water Supply, 2(85-90), 2002
5. Dotremont, C., Molenberghs, B., Doyen, W., Bielen, P., and Huysman, K., “The recovery of backwash water from sand filters by ultrafiltration” , Desalination, 126(87-94), 1999
6. Edzwald, J. K. and Tobiason, J. E., Udden, C. T., Kaminski, G. S., Dunn, H. J., Galant, P. B. and Kelley, M. B., “Evaluation of the effect of recycle of waste filter backwash water on plant removals of Crytosporidium” , Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA, 52(243-258), 2003
7. 黃麥秋, “水廠沉澱池排泥水和濾池反沖洗水直接回用的研究”, 2007。
8. 黃任偉, 粒狀氫氧化鐵吸附地下水中砷之研究, 碩士論文, 國立成功大學環境工程學系, 台南, 2002年

作者簡介

張添晉先生

現職：台北科技大學環境工程與管理研究所教授兼研發總中心主任

專長：廢水高級處理、水再生利用、廢棄物資源化、有害物質管理

陳孝行先生

現職：台北科技大學環境工程與管理研究所教授

專長：自來水污水高級處理、精密儀器分析、物化程序、環境工程

游勝傑先生

現職：中原大學生物環境工程系教授

專長：基因轉殖、分子生物技術、環境微生物、薄膜技術在水處理之應用

淨水場沉澱污泥濃縮特性及設計參數探討

文/張維欽、方雅嵐、吳美惠、洪世政、林正隆

摘要

本研究針對台灣北（板新）、中（豐原、林內）與南（坪頂）四主要淨水場進行豐、枯水季之沈澱污泥採樣與層沈降實驗，並嘗試對濃縮設計參數值建立時之考量方向提供建議。實驗結果顯示四淨水場沈澱污泥之濃縮特性有甚大之差異，且其限制固體通量較典型設計參數值高之甚多，顯示各場在設計濃縮系統時應因地制宜採用不同之設計參數值，而在操作濃縮設施時亦應有不同之因應策略。因此，持續且長期地建立各淨水場之沈澱污泥濃縮特性資料，藉以掌握各場之設計操作準則顯然有其必要性。此外，本實驗結果亦發現因不同之原水濁度之顆粒特性差異，其固體通量曲線亦會不同；在高濁時期，原水通常夾帶較多粗顆粒懸浮固體，此時沈澱污泥之濃縮特性較佳，限制固體通量值亦會較高。由於原水濁度與濃縮污泥濃度均會影響濃縮槽之固體負荷值，因此在建立設計參數值時，建議可嘗試以能將此兩因素併同考慮之圖形方式展現，以便於後續設計與操作之運用。

一、前言

淨水場廢污處理部分因環保法規之日趨嚴格，實質上已成為淨水場出水量的最大限制因子。淨水廢污處理之主要核心概念為濃縮污泥，藉以提高廢污之固體含量並減少其體積，因此廢污處理程序中之主要減容單元為濃縮池，而廢污之濃縮特性便成為決定

濃縮成敗之決定性因素。依一般教科書與文獻資料^[1-10]，污泥濃縮之典型設計參數值約 10~20（或 50）kg/m²-day。水公司在進行淨水場廢污濃縮槽設計時亦多採用此典型值為面積之計算依據。惟該設計參數值源於美日等國外文獻，其淨水場原水水質特性原即與台灣有所不同，且通常其原水濁度偏低，亦無台灣之高濁原水問題。高濁原水通常較易伴隨粒徑大之固體，其沈澱污泥之濃縮特性極可能較典型值為佳。顯然地倘能針對各淨水場顆粒特性發展出之特定設計參數值，藉以進行設計，對於濃縮池用地面積之檢討甚或降低將具有相當之助益。因此，廢污濃縮特性之調查與其本土性設計準則之建立有其進一步研究之必要。

本研究擬藉由對北中南不同淨水場沈澱污泥濃縮特性之調查，嘗試瞭解本土性之設計參數值，並對設計參數之建立提供建議之方向，以期能提供未來水公司設計或淨水場操作時之參考。

二、實驗材料與方法

進流原水濁度不同，原水中之顆粒大小分佈即會不同，因此沈澱污泥展現之整體沈降行為便會有相當之差異。本研究之主要實驗即在探討不同淨水場與原水濁度條件下，沈澱污泥之濃縮特性。實驗採樣之污泥為了可與進流濁度相對應，取樣設定之理想地點為具有刮泥設施或持續排泥之沈澱池底污泥出口。

取樣時以取樣桶銜接污泥排出口，再將之倒入體積為 20 升之污泥桶，取樣時採取排泥過程之前、中、後段，以獲得混合之代表性污泥，每次污泥取樣兩至三桶，取樣體積為 40~60 升。林內與豐原淨水場沈澱池具刮泥設施，其取樣位置即設於其排泥口。

坪頂淨水場不易於沈澱池排泥處取樣，但因其第一污泥濃縮池之滯留時間不長，對於與原水濁度之對應關係影響不大，因此污泥採樣位置設定於第一污泥濃縮池進入再濃縮池之入口。另板新淨水場一、二期沈澱池因同時具有暫存污泥之功用，因此不具有連續刮泥排泥之設施，所採取之沈澱污泥是故不易與進流濁度建立對應關係。而三期之膠沈池以時間控制排泥，污泥特性易與進流濁度建立關係，因此取樣之位置設定為三期之膠沈池。取樣後污泥之層沈降實驗請參照典型文獻^[10, 11]。

三、沈澱污泥濃縮特性實驗結果

(一) 典型污泥層沈降實驗結果

圖 1 所示為豐原淨水場進行層沈降實驗時，不同污泥濃度之沉降界面高度與時間變化關係圖（本次層實驗之污泥濃度約在 3467~40422 mg/L 間）。依圖 1 之沉降界面高度與時間關係圖，可求取各污泥濃度之初始斜率，該斜率即為初始沉降速度(cm/min)，亦為該濃度之層沈降速度。所求得之污泥濃度 C (mg/L)與沉降速度 V (cm/min)之關係示如圖 2。

由不同污泥濃度之初始沈降速度數據，依公式 $G \text{ (kg/m}^2\text{-day)} = C \text{ (mg/L)} \times 10^3 \text{ (L/m}^3) \times 10^{-6} \text{ (kg/mg)} \times V \text{ (cm/min)} \times 1440 \text{ (min/day)} \times 10^{-2} \text{ (m/cm)}$ ，求出各污泥濃度之固體通量，其結果如圖 3。圖 3 即為典型之

固體通量曲線。本研究另對板新、豐原、林內與坪頂四淨水場之沈澱污泥層沈降特性進行調查，其結果比較如下節。

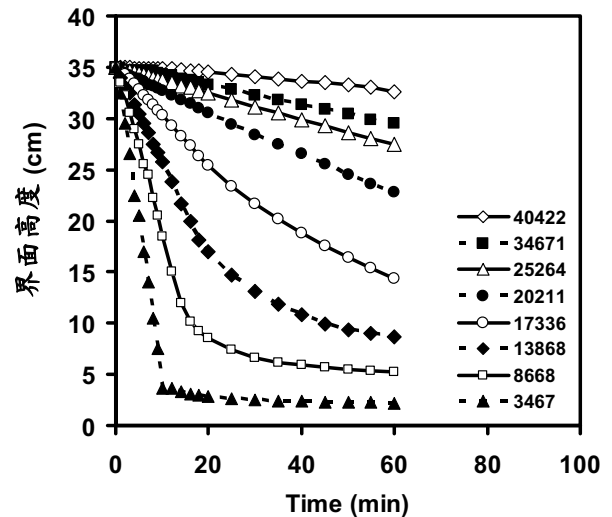


圖 1 豐原淨水場不同污泥濃度(mg/L)之沉降界面高度與時間變化關係

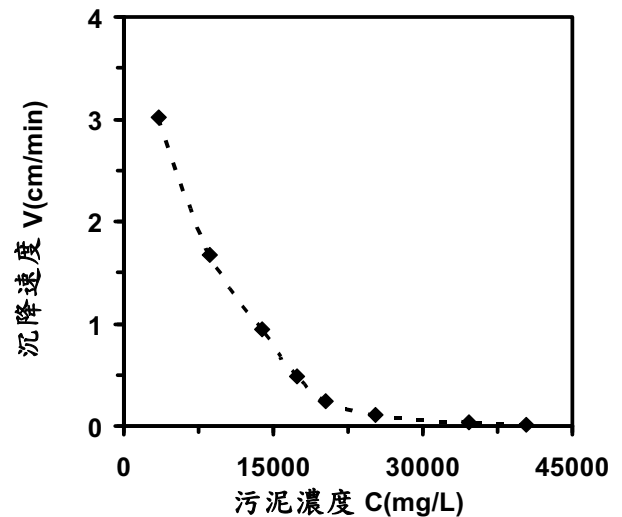


圖 2 豐原淨水場污泥濃度與沉降速度之關係

(二) 不同淨水場污泥濃縮特性之比較

本研究針對板新、豐原、林內與坪頂四淨水場之沈澱污泥層沈降特性，進行分析，並進一步彙整各淨水場枯水季之層沈降固體通量圖如圖 4。由於原水水源集水區域之地質特性差異，或有無設置前置原水調節池

或蓄水設施等因素均會影響進流原水之顆粒特性，因此四淨水場沈澱污泥之濃縮特性展現出極大之差異，由本研究之實驗結果（圖 4）可知污泥濃縮特性之優劣順序為：坪頂 > 林內 > 豐原 > 板新。

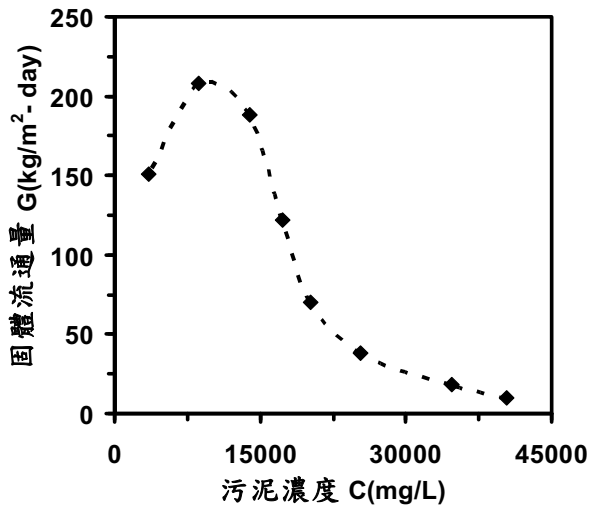


圖 3 豐原淨水場污泥濃度與固體流通量之關係

表 1 淨水場污泥濃縮槽設計準則

污泥種類	設計參數	參考文獻
淨水場污泥	5~10 lb/ft ² day (24.4~48.8kg/m ² day)	Hammer(1996)
淨水場污泥	10~20 kg/m ² day	高肇藩 (1990)
鋁鹽污泥	2~10 lb/ft ² day (9.8~48.8 kg/m ² day)	WEF (1992)
鐵鹽污泥	2~10 lb/ft ² day (9.8~48.8 kg/m ² day)	WEF (1992)
淨水場污泥	5~10 lb/ft ² day (24.4~48.8kg/m ² day)	Kawamura(1991)
淨水場污泥	10~20 kg/m ² day	自來水協會(2006)

表 2 四淨水場限制固體負荷試算結果

濃縮污泥濃度	限制固體通量值(kg/m ² -day)			
	坪頂	林內	豐原	板新
2%	—	1000	750	320
3%	800	500	210	85
5%	520	330	65	50

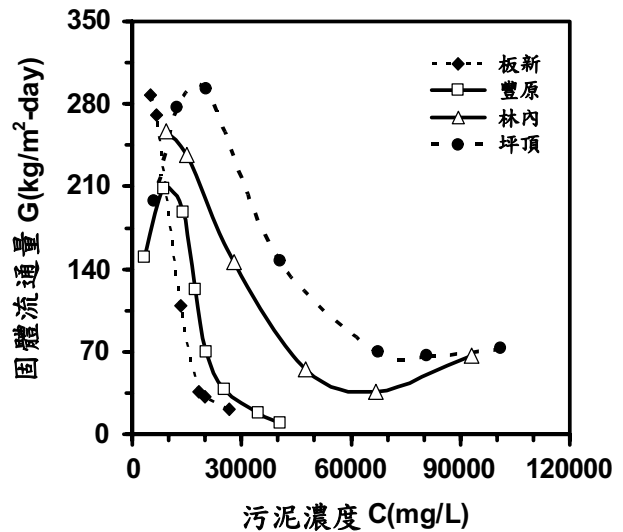


圖 4 各淨水場枯水季之層沉降固體通量彙整

一般濃縮池表面積設計準則約為每平方公尺每日負荷固體物量 10~20 (或 50) 公斤左右，不同文獻對淨水場污泥或無機污泥濃縮槽之設計準則整理如表 1。經進一步以 Yoshioka 法對圖 4 之四淨水場進行限制固體通量之估算，其結果整理如表 2。由表 2 之結果可知本計畫中所探討之四個淨水場，除各淨水場沈澱污泥濃縮特性之差異甚大外，各場之限制固體通量均較一般常用典型教科書之固體負荷值(10~20 kg/m².day)高出甚多，顯然依各場污泥特性計算所需之用地面積，應較一般設計準則所求得者可有相當之降低。

此結果顯示各場在設計濃縮系統時，應因地制宜採用不同之設計參數值（固體負荷或限制固體通量值），而不宜一體適用相同之設計參數值。而在操作濃縮設施時亦應有不同之因應策略（如進流量與濃縮污泥量之調整應為不同）。因此，持續且長期地建立各淨水場之沈澱污泥濃縮特性資料，藉以掌握各場之設計操作準則，或在設計時先以單元實驗求其設計參數值顯然有其必要性。

(三)不同原水濁度污泥濃縮特性之比較

淨水場原水濁度不同，顆粒特性即會不同，是故沈澱污泥之濃縮特性即會隨原水濁度而異。以板新淨水場豐、枯水季沈澱污泥之固體通量圖為例（參閱圖 5），兩次沈澱污泥取樣所對應之原水濁度分別為 8.3 NTU 與 80 NTU，明顯地原水濁度高時其固體通量值亦會較高。此情形於坪頂淨水場亦展現相同之實驗結果，如圖 6 所示，坪頂淨水場高濁時（2009/6/6 取樣，其原水濁度為 1250 NTU）之沈澱污泥濃縮特性，較低濁時（2009/3/19 取樣，其原水濁度為 39 NTU）高出甚多。惟如兩圖所示，不同淨水場間之固體通量仍有相當之差距（如兩圖之橫軸濃度差異甚大，因此對應之固體量值即有相當之差距，將詳述於下節）。

四、濃縮設計參數值建立及考量事項

如前述典型傳統教科書對於淨水污泥濃縮槽之固體負荷建議值一般多為 10~20（或 50） $\text{kg/m}^2\cdot\text{day}$ 。然依固體通量理論，實際之限制固體負荷值（即固體負荷）仍須依所期望之濃縮污泥濃度而定；亦即所期望濃縮之污泥濃度越高，固體負荷值即會越低，因此設計時所需之濃縮槽面積即會越大。是故當嘗試建立濃縮設計參數時，必須先確立預期之濃縮污泥濃度。此外，因不同之原水濁度之顆粒特性差異，其固體通量曲線亦會不同（參閱前節），通常在高濁時期，原水夾帶較多粗顆粒懸浮固體，此時沈澱污泥之濃縮特性會較佳。由於此兩因素（原水濁度與濃縮污泥濃度）均會影響濃縮槽之固體負荷值，在建立設計參數值時，建議可以圖形方式展現（如圖 10 與 11，詳述於下段），以便於後續設計與操作之運用。

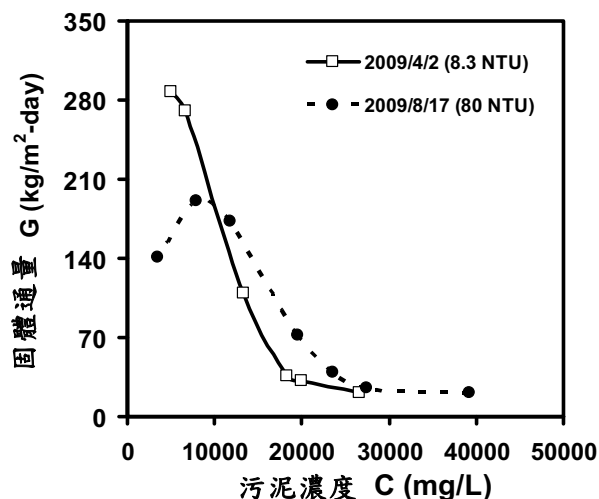


圖 5 板新淨水場不同原水濁度下沉澱污泥固體通量

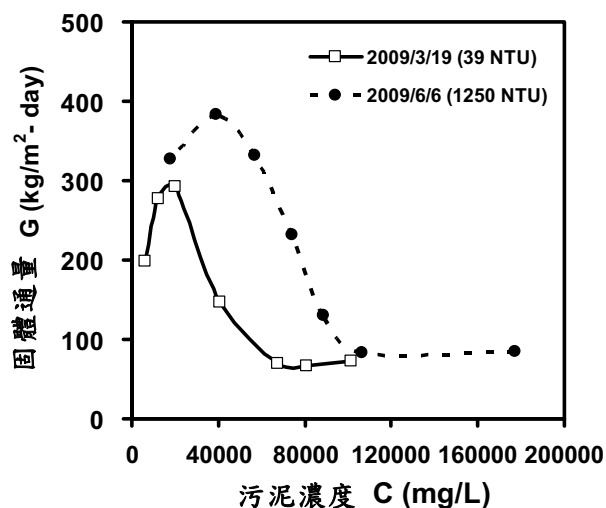


圖 6 坪頂淨水場不同原水濁度下沉澱污泥固體通量

不同原水濁度下板新淨水場沈澱污泥固體通量曲線已示如圖 5，經進一步以 Yoshioka 法求取板新淨水場不同原水濁度及污泥濃度下之限制固體通量值如圖 7。由圖可知當預期之濃縮污泥濃度增加時，限制固體通量值會急遽降低。當濃縮污泥濃度為 3% 時，其限制固體通量值為 $85 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$ (8.3 NTU) 與 $165 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$ (80 NTU)；然而當濃縮污泥濃度為 5% 時，其限制固體通量值為 $50 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$ (8.3 NTU) 與 $50 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$ (80

NTU)。此種急遽降低之趨勢亦發生於坪頂淨水場沈澱污泥之濃縮特性(參閱圖 8)。如當濃縮污泥濃度為 10%時,其限制固體通量值為約 200 kg/m².day (39 NTU)與 875 kg/m².day (1250 NTU); 然而當濃縮污泥濃度為 20%時,其限制固體通量值約為 100 kg/m².day (39 NTU)與 175 kg/m².day (1250 NTU)。

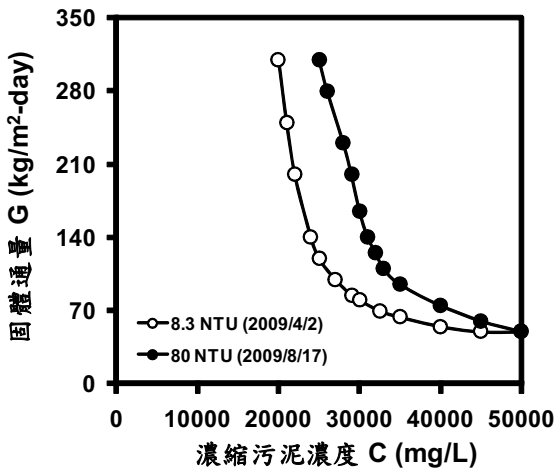


圖 7 板新淨水場不同原水濁度及污泥濃度下之固體通量

另板新與坪頂淨水場固體通量之比較如圖 9, 顯示兩淨水場沈澱污泥之濃縮特性有極大之差異, 坪頂淨水場之沈澱污泥之濃縮特性明顯地較板新淨水場為佳。此外, 由板新淨水場之圖形(圖 7), 可明顯發現當進流原水濁度偏低時(如板新淨水場 2009/4/21 日原水濁度 8.3 NTU), 其限制固體通量值與一般設計參數值較為接近。

由於不同原水濁度下固體負荷值之差異極大, 因此設計時須以不同原水濁度產生之污泥量與不同原水濁度下之固體負荷進行配對之濃縮面積之計算, 最終再取其大者為設計之面積, 而非高低濁度均採行相同參數值。在操作階段, 由於濃縮污泥泵須進行流量之調整, 此時則可考慮將因排泥所致之

向下速度(Bulk downward velocity, 即 U 值)併入前述之圖中, 以利操作(圖 10 與 11)。倘濃縮槽面積已知, 則亦可直接以濃縮污泥泵之流量取代 U 亦可。

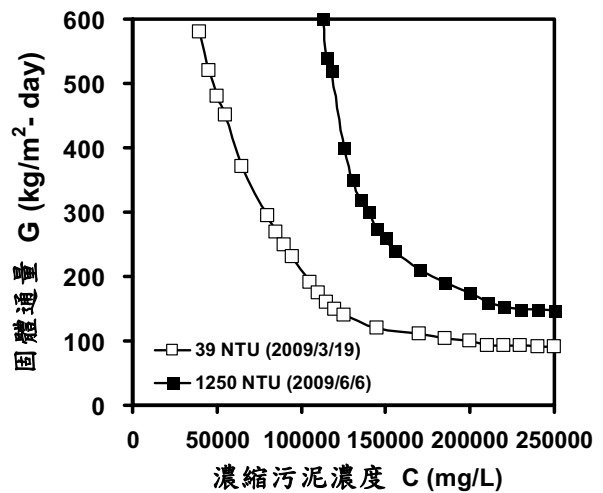


圖 8 坪頂淨水場不同原水濁度及污泥濃度下之固體通量

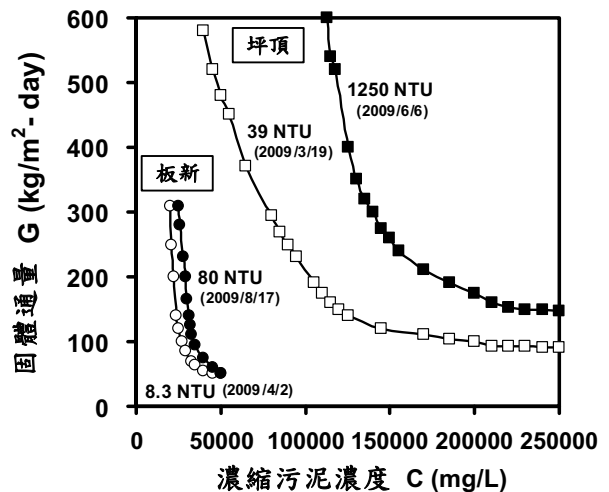


圖 9 板新與坪頂淨水場固體通量之比較

五、結論與建議

板新、豐原、林內與坪頂等四淨水場沈澱污泥之濃縮特性有甚大之差異, 以枯水季為例, 當濃縮至 5%時之限制固體通量值分別為 50 (板新)、65 (豐原)、330 (林內)

與 $520 \text{ kg/m}^2\text{-day}$ (坪頂)。該數值較典型設計參數值($10\sim 20 \text{ kg/m}^2\text{-day}$)高之甚多。顯然採用針對各淨水場顆粒特性所發展出之特定設計參數值進行設計，對於降低濃縮池用地面積具有相當之助益。

由各淨水場沈澱污泥濃縮特性之差異，顯示各場在設計濃縮系統時應因地制宜採用不同之設計參數值（固體負荷或限制固體通量值），而在操作濃縮設施時亦應有不同之因應策略（進流量、濃縮污泥量之調整）。惟前述之先前調查研究均僅為短期或個別之數值資料，完整之設計或操作準則仍須藉由持續且長期之調查與數值資料之歸納彙整方得以建立。因此，持續且長期地建立各淨水場之沈澱污泥濃縮特性資料，藉以掌握各場之設計操作準則，或在設計時先以單元實驗求其設計參數值顯然有其必要性。

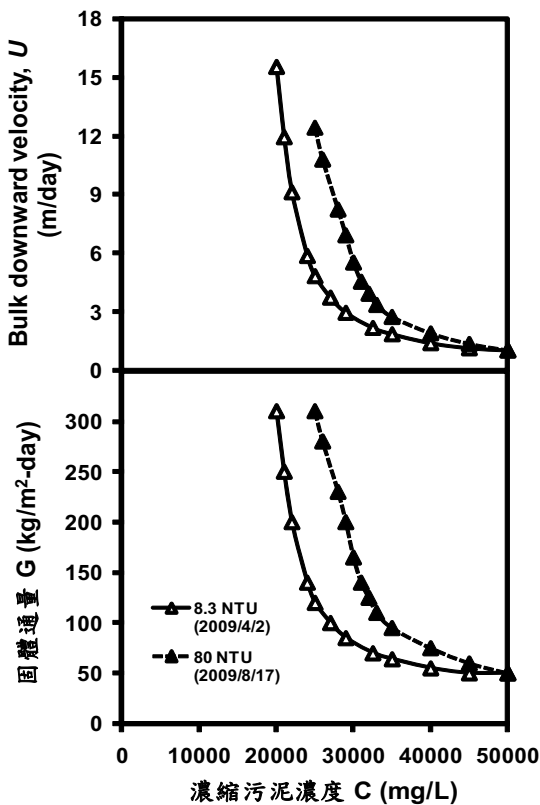


圖 10 板新淨水場不同濃縮污泥濃度下之 U 值與固體通量

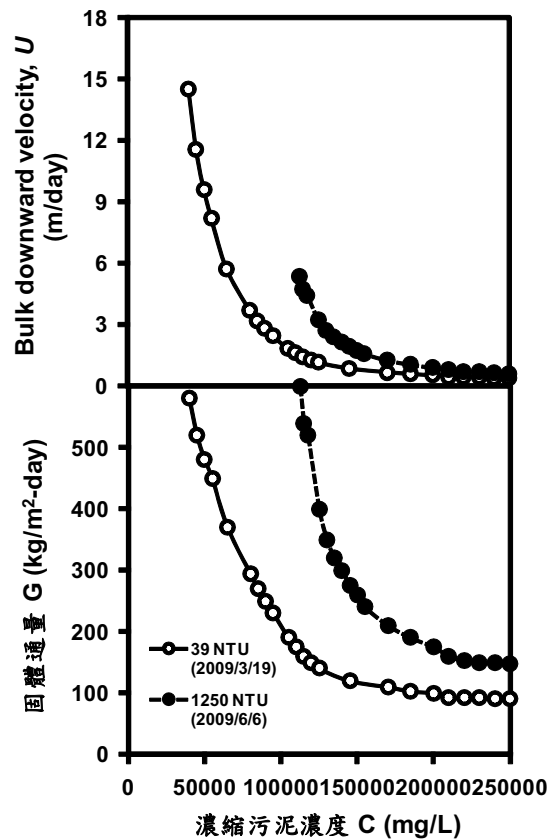


圖 11 坪頂淨水場不同濃縮污泥濃度下之 U 值與固體通量

因不同之原水濁度之顆粒特性差異，其固體通量曲線亦會不同，實驗結果顯示在高濁時期，原水通常夾帶較多粗顆粒懸浮固體，此時沈澱污泥之濃縮特性較佳，限制固體通量值亦較高。

由於原水濁度與濃縮污泥濃度此均會影響濃縮槽之固體負荷值，在建立設計參數值時，建議可嘗試以能將此兩因素併同考慮之圖形方式展現，以便於後續設計與操作之運用。

參考文獻

1. Mark J. Hammer., and Mark J. Hammer, Jr., Water and Wastewater Technology 3rd ed., Prentice Hall International, Inc., New Jersey (1996)
2. 中華民國自來水協會，自來水工程設施標準解

說，2006。

- 3.高肇藩，給水工程，1989年9月修訂版。
- 4.Kawamura, S., *Integrated Design of Water Treatment Facilities*, John Wiley & Sons, Inc. (1991)
- 5.*Water Treatment Plant Design For the Practicing Engineer*. 2nd ed. Ann Arbor Science (1979).
- 6.James M. Montgomery, Consulting Engineers, Inc., *Water Treatment Principles and Design.*, John Wiley & Sons, Inc. (1985).
- 7.American Water Works Association. *Water Quality and Treatment.*, 4th ed. McGraw-Hill (1990).
- 8.American Water Works Association and American Society of Civil Engineers. *Water Treatment Plant Design*.3rd ed. McGraw-Hill (1997).
- 9.Twort, A.C., Ratnayaka, D.D. and Brant, M.J., *Water Supply*, 5th ed., Academic Press (2000)
- 10.*Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*, Vol. 2, Water Environmental Federation and the American Society of Civil Engineers., New York (1992)
- 11.Tom D. Reynolds., and Paul A. Richards., *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, 2nd Ed., PWS Publishing Company, Boston (1996)

作者簡介

張維欽先生

現職：雲林科技大學環安系副教授

專長：水及廢水處理、環境生物技術

方雅嵐女士

現職：雲林科技大學環安系碩士生

專長：水及廢水處理

吳美惠小姐

現職：台灣自來水公司水質環保處處長

專長：水質管理

洪世政先生

現職：台灣自來水公司水質環保處組長

專長：淨水處理、水污染防治、廢棄物管理

林正隆先生

現職：台灣自來水公司水質環保處工程師

專長：淨水處理、水污染防治、廢棄物管理

韋勒式快濾池反洗廢水特性與排放減量策略

文/曾迪華、范姜仁茂、范喻翔、黃啟彰

摘要

本研究旨在分析淨水場韋勒式快濾池反洗廢水產量及水質特性，配合探討沉澱和薄膜程序回收處理反洗廢水之可行性，評估廢水排放減量策略。研究結果顯示，反洗廢水量直接受反洗時間和濾程影響。反洗廢水水質具中濁度及低有機物含量特性，反洗時間長短會影響廢水濁度歷線變化。沉澱處理及 MF/UF 薄膜程序對濁度均有良好的去除效果，處理水質亦符合飲用水相關標準。根據研究結果，本研究提出加強濾池檢修、縮短反洗時間，及廢水回收再利用之源頭減量策略，以利淨水場未來達成廢水零排放目標。

一、前言

淨水場快濾池的功能係將未能於混凝沉澱單元去除的膠羽顆粒，加以過濾去除，是淨水場控制自來水清水濁度的關鍵單元。快濾池在長時間的操作過程中，會因為濾床受顆粒物質堵塞，導致水頭損失增加，進而降低濾池的過濾能力，最後顆粒物會貫穿濾床，使清水水質惡化。因此，濾池必須定期反洗，以維持過濾效能和穩定供應清水。濾池在反洗過程，會衍生大量的反洗廢水，依據「水污染防治法」，自來水事業單位須妥善處理廢水。然而，廢污處理設施容量不足的淨水場，往往無法負荷龐大的廢水量，更因此嚴重影響淨水處理設施的功能。

為降低淨水場反洗廢水產量並使水資源有效利用，最佳的策略即是掌握反洗廢水

的特性，從而實施場內廢水回收再利用。美國環保署在 2001 年安全飲用水法案之修正案中，已頒佈「濾床反沖洗水回收規則」(Filter Backwash Recycle Rule, FBRR)，規範淨水場反洗廢水之場內回收辦法[1]。在歐洲地區，部分淨水場直接利用薄膜程序回收處理反洗廢水，不但水回收率高，處理後水質也可直接利用[2]。目前我國淨水場較常見的快濾單元是韋勒式快濾池。此型式的濾池在反洗時，全池中斷過濾操作，由於濾床深、反洗面積大，反洗所需的反洗水量較高，加上反洗時間短，一次僅能對濾池內的單一小池反洗，故會在短時間內瞬間產生大量廢水。因此，基於水資源永續利用的趨勢，在可預見的未來，我國淨水場廢水的處理及再利用，將成為淨水場新的挑戰。

有鑑於此，本研究即以平鎮淨水場韋勒式快濾池反洗廢水為對象，調查廢水產生量與水質特性，同時評估沉澱、薄膜程序處理廢水的成效，探討合宜的廢水減量策略，供淨水場相關決策人員未來因應廢水減量和水資源回收再利用之趨勢參考。

二、研究方法

(一)反洗廢水量推估與水質調查

本研究以濾池反洗泵浦所設定的流量，配合濾池實際反洗時間，推估濾池內各小池單次反洗所產生之廢水量，再統計濾池每月的總反洗次數(反洗頻率)，獲得全池每月的反洗廢水量。另外，配合濾池處理水量、進流濁度、濾程等資料，探討可能影響

廢水量的因素。在反洗廢水水質調查方面，廢水採樣點為濾池反洗廢水出流渠道，於濾池反洗過程中，固定 30 秒間距，依等比例體積採取混合水樣，然後分析水樣 DOC、UV254、COD、SS、TDS、濁度、粒徑分布、總菌落數及大腸桿菌數、導電度等指標，以評估有機物、固體物及溶解性物質之特性。

(二)反洗廢水處理試驗

1.沉澱及 MF 過濾

將混合均勻的反洗廢水置於 2 L 量筒內自然沉降，於沉降 2 小時後取三分之二之上澄液，分析水質。另外，反洗廢水以 1 μm MF (中空纖維式模組，材質為 PP)過濾處理，分析過濾後的水質。

2.UF 過濾

本研究的 UF 薄膜過濾系統為一掃流式系統，其中 UF 薄膜採平板式模組，材質為 PVDF，截分子量為 50 K。UF 過濾試驗之前，過濾系統先以純水過濾 1 小時，待薄膜性質穩定後，將 5 L 反洗廢水置入進流水槽，開啓入水閥門，開始進行過濾。過濾操作壓力設定為 3 kg/cm^2 ，並利用濃縮液端之流量控制閥，將掃流速度設定為 0.2 cm/s 。

UF 的過濾操作模式，係按設定清水回收率(=滲透液累積水量/進流飼水量)方式操作。過濾過程中，每 5 分鐘記錄滲透液端壓力及滲透液的累積重量，濃縮液則連續循環迴流至進流水槽。當收集的滲透液累積重量達 3000 g (假設滲透液密度為 1 g/cm^3)，即清水回收率達 60%時，停止操作，並分析滲透液水質。

本研究另外分別將前述經沉澱處理及 1 μm MF 過濾處理之反洗廢水，進行 UF 過濾處理，以評估前處理對 UF 滲透液水質之影

響。

(三)水質分析方法

廢水水樣的濁度、固體物、COD、導電度，分別參照環檢所公告標準方法 NIEA W219.52C、NIEA W210.57A、NIEA W515.54A、NIEA W203.51B 進行分析。另一方面，水樣以 0.45 μm 濾紙過濾後，利用總有機碳分析儀(O.I 製，型號 1010)分析 DOC，並以紫外線-可見光光譜儀(HITACHI 製，型號 U-2001)，分析 254 nm 波長的吸收度(UV254)。廢水顆粒的粒徑分布，則係利用粒徑分析儀(Jobin Yvon 製，型號 Ultima 2000)進行分析。在指標性微生物分析方面，以濾膜法分析總菌落數(NIEA E205.55B)及大腸桿菌數(NIEA E202.52B)。此外，濾池反洗廢水濁度歷線，則藉現場濁度監測器(OPTEX 製，型號 TC-3000)，以每秒一次的數據擷取頻率，線上即時監測分析。

三、結果與討論

(一)反洗廢水量分析

表 1 所列為 2007 年平鎮淨水場韋勒式快濾池，在不同月份的日平均反洗廢水量及其佔處理水量之比例。表中顯示，韋勒式快濾池的反洗廢水量範圍為 6813~16595 CMD，平均廢水量為 9871 CMD，約佔平鎮場 70%廢水來源，亦佔場內淨水處理水量(300462 CMD)的 3.08%，與國外調查所得典型範圍值 3%-10%相符[3]。整體而言，在下半年夏秋等颱風暴雨季節，反洗廢水量有偏高的現象(集中在七至八月)。

儘管平鎮場原水受颱風暴雨季影響，濁度會提高，但可能因混凝單元提高加藥量而增加濁度去除率，或是淨水場減量供水，致使韋勒式快濾池進流水全年仍維持 2~6 NTU

的低濁度範圍(年平均濁度為 3.7 NTU)，差異性不顯著[4]。因此從圖 1 所示快濾池濁度負荷與反洗廢水量關係可得知，雖然 2007 年下半年快濾池進流水濁度增加而提高濁度負荷，但濁度負荷對廢水量無直接且明顯的影響。由此顯示，快濾池進流水濁度應非影響反洗廢水量之主要因素。

事實上，平鎮場韋勒式快濾池反洗時，皆以固定反洗水流率對濾池反洗，故實際產生的反洗廢水量，直接受濾池反洗時間長短及反洗頻率(或濾程長短)所影響。圖 2 所示為 2007 年平鎮場韋勒式快濾池的平均濾程與平均反洗廢水量關係，從圖中即明顯發現，當濾程縮短時，由於反洗頻率會增加，因而產生大量的反洗廢水，其中濾程由 30 hr 減少至 15 hr 時，廢水量會提高將近一倍。此結果顯示，影響反洗廢水量的主要原因，

仍視濾池操作良窳，直接和間接對濾程(或反洗頻率)影響而定。

(二)反洗廢水水質特性

1.反洗過程的廢水水質變化

圖 3 所示為平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水典型的濁度歷線。在 630 秒的反洗過程中，廢水濁度隨反洗時間增加，於第 15 秒急遽升至最大值 1050 NTU，其後濁度急遽下降，至第 210 秒後濁度下降速度減緩，最終濁度約為 30 NTU。上述結果顯示，在反洗初期 15 秒內，絕大部分累積在濾床中的濁度顆粒，已被反洗至濾床外，使得廢水濁度會急遽升高。然而，隨反洗時間持續增加，被洗出之濁度顆粒增加量有限，且低於廢水隨時間的增加量，致使濁度呈現下降趨勢。因此，濾池反洗時間，會決定反洗廢水水量多寡，進而影響廢水顆粒性物質濃度。

表 1 2007 年平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水量

月份	濾池內各小池反洗次數總和(次)*	總反洗廢水量 (CMD)	日平均反洗廢水量 (CMD)	反洗廢水量/處理水量 (%)
一月	682	497860	16595	5.43
二月	382	278860	9959	3.25
三月	392	286160	9231	3.00
四月	369	269370	8979	2.90
五月	440	321200	10361	3.20
六月	493	359890	11996	3.62
七月	458	334340	10785	3.29
八月	425	310250	10008	3.05
九月	347	253310	8444	2.58
十月	306	223380	7206	2.23
十一月	280	204400	6813	2.09
十二月	343	250390	8077	2.49
平均	410	299118	9871	3.08

*快濾池內劃分 12 小池，各小池廢水流量 60.8 m³/min，反洗時間 12 min

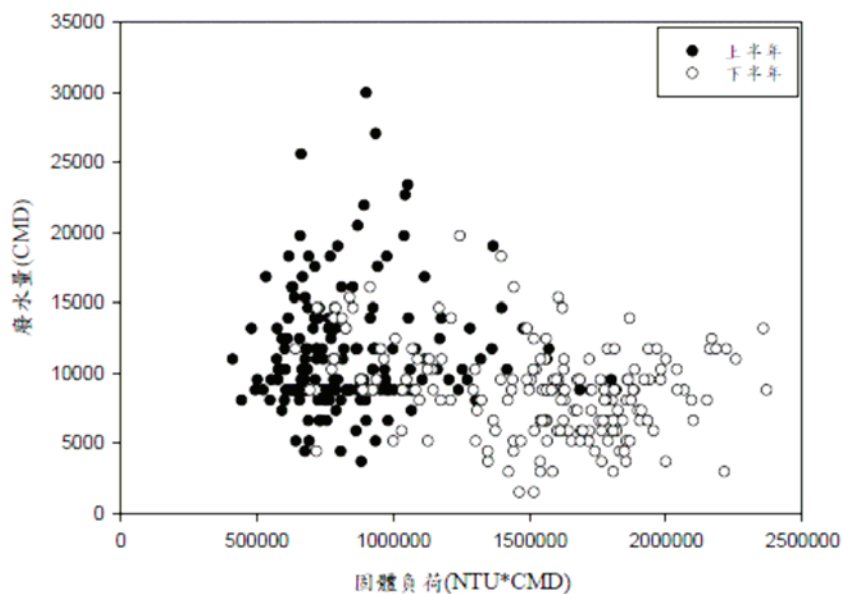


圖 1 平鎮場韋勒式快濾池濁度負荷與反洗廢水量關係

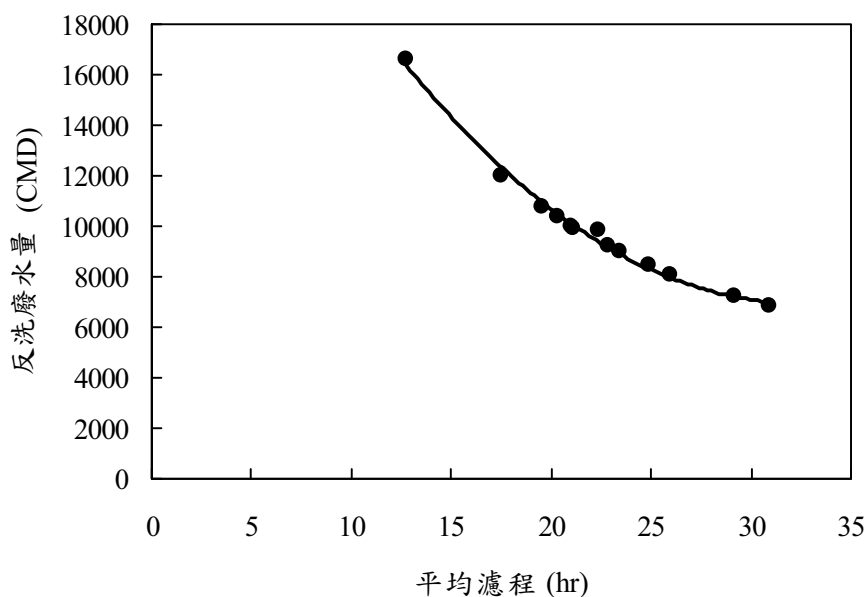


圖 2 平鎮場韋勒式快濾池平均濾程與反洗廢水量關係

反洗過程中，廢水其他項目的分析結果如表 2 所示。從表 2 中發現，反洗初期 210 秒內，大粒徑顆粒會先出現在廢水中，其後小粒徑顆粒亦從濾床中被反洗至廢水，使廢水顆粒平均粒徑隨反洗時間增加而減小。至

於導電度、TDS、DOC 等溶解性物質指標，其數值或濃度隨反洗時間增加，僅略為降低。由於平鎮場以清水作為過濾池的反洗水，此結果顯示反洗廢水的溶解性物質主要仍來自於反洗水，故其濃度較不受反洗時間

和廢水水量所影響。

2. 水質特性評估

本研究對平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水水質的歷次調查結果，彙整於表 3，其水質特性如後：

(1) 濁度與固體物

反洗廢水的 TS 濃度不高，僅 199~421 mg/L，其中濁度與 SS 分別約 59~221 NTU 和 80~264 mg/L。因此，反洗廢水的總固體物中，近半比例為懸浮性的濁度顆粒或固體物。至於溶解性固體物則以離子性物質為主（導電度約 220 μ s/cm），其他為微量溶解性有機物(DOC 約 5 mg/L 以下)。

廢水固體物的化學組成另經 ICP 分析顯示，以矽和鋁的氧化物為主，分別佔 46% 和 39%。此外，廢水顆粒亦具負電性，界達電位約 -6.4 mV。由此可知，廢水懸浮固體物來源同時包含原水的天然土壤顆粒，與混凝程

序產生的氫氧化鋁膠羽。換言之，從混凝單元溢流至濾床內累積的濁度顆粒與膠羽，於反洗期間被大量洗出至廢水中。反洗廢水顆粒粒徑的累積分布百分比如圖 4 所示，分布範圍介於 0.4~210 μ m，其中 99% 的顆粒粒徑大於 1 μ m，平均粒徑為 38-56 μ m，與文獻相近^[5]。

(2) 有機物

反洗廢水 COD、溶解性 COD、UV254 及 DOC 皆偏低，且各項目之最高與最低值無顯著差異，顯示反洗廢水具低有機物含量之特性。此結果係因平鎮場原水屬水庫水，水質穩定，原水中化學需氧量低，且淨水程序中採前加氯消毒，亦氧化部份有機物所導致。廢水中的溶解性 COD 平均佔 COD 的 87% 以上，表示有機物同固體物般，以溶解性為主。此外，廢水 SUVA 小於 2 L/mg-m，故有機物可能以親水性型態存在^[6]。

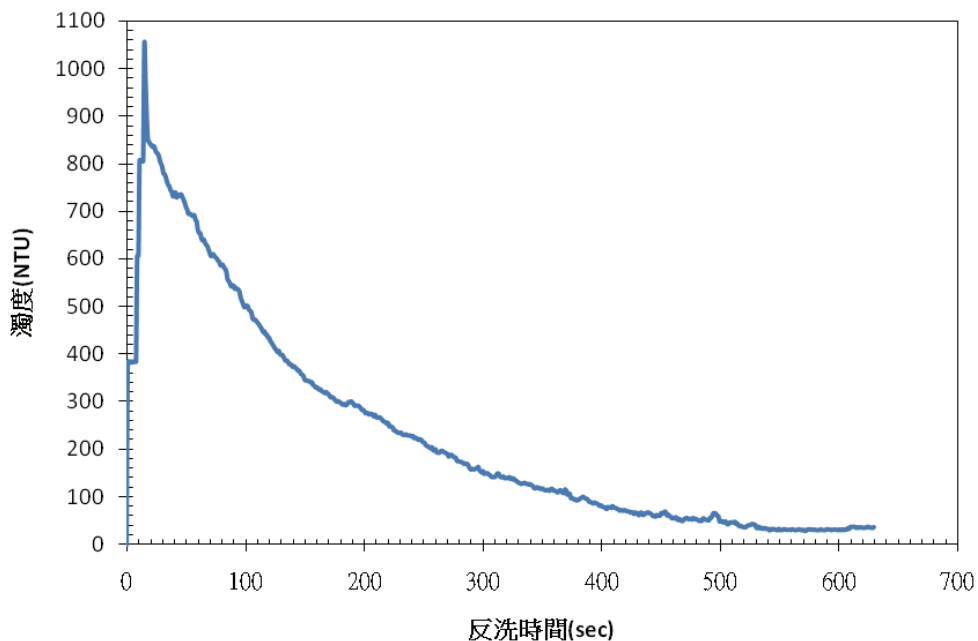


圖 3 平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水之濁度歷線

表 2 平鎮場韋勒式快濾池反洗過程衍生之廢水水質

水質項目	反洗時間		
	1~210 秒	211~420 秒	421~630 秒
導電度 ($\mu\text{s/cm}$)	223 \pm 2	223 \pm 1	223 \pm 2
TDS (mg/L)	173.9 \pm 14.7	131.4 \pm 11.5	139.8 \pm 5.1
DOC (mg/L)	5.1	4.2	4.4
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.011 \pm 0	0.009 \pm 0	0.009 \pm 0.001
SUVA (L/mg-m)	0.21	0.21	0.20
平均顆粒粒徑 (μm)	68	63	58

表 3 平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水水質

水質項目		範圍	平均值
固體物	TS (mg/L)	199~421	325
	濁度 (NTU)	59~221	150
	SS (mg/L)	80~264	186
離子性物質	導電度 ($\mu\text{s/cm}$)	220~230	225
指標性微生物	總菌落數 (CFU/mL)	165~10000	3403
	大腸桿菌 (CFU/100 mL)	< 1~55	< 12
有機物	COD (mg/L)	6~26	15
	溶解性 COD (mg/L)	6~24	13
	DOC (mg/L)	2.0~4.9	3.6
	UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.007~0.018	0.013
	SUVA (L/mg-m)	0.10~0.59	0.39

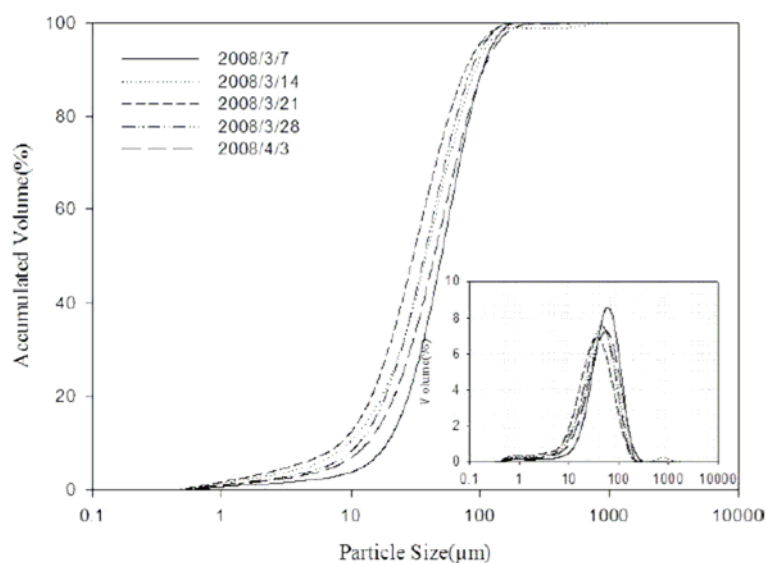


圖 4 平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水顆粒粒徑之累積分布百分比

(3)指標性微生物

反洗廢水含有偏高的總菌落數(165 CFU/mL 以上)，與一定量的大腸桿菌(55 CFU/mL 以下)。事實上，表中反洗廢水總菌落數與大腸桿菌數亦高於快濾池進流水和清水，顯示濾池可能有微生物累積或繁殖現象。表中結果反映，微生物可能伴隨濁度顆粒，於濾池反洗過程流入至廢水中。

(三)沉澱及薄膜過濾處理反洗廢水效果

1.沉澱及 MF 過濾

表 4 所示為平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水，分別經由沉澱和 1 μm MF 過濾處理後之處理水質。表 4 中，反洗廢水經 2 小時簡易沉降，濁度可由 199 NTU 降至 5.7 NTU，濁度去除率為 97%。不過簡易沉降對廢水 DOC、硫酸鹽、硝酸鹽、鈉鹽等無機離子並無明顯去除效果。另一方面，反洗廢水經 1 μm MF 過濾後，濁度降至 0.26 NTU，去除率進一步提升至 99.9%。然而 MF 仍無去除廢水無機離子及 DOC 的能力，與其他相關研究結果相符^[7]。

上述結果顯示，由於反洗廢水濁度顆粒粒徑分布範圍遠大於 1 μm ，且接近 100 μm (圖 4)，故絕大部份屬於可沉降的膠體顆粒(supracolloidal particles)，因而濁度容易藉沉降和 1 μm MF 過濾方式去除。此外，經簡易沉降和 MF 處理後的反洗廢水，基本上具相近的水質特性，且濁度、無機離子濃度已可符合飲用水水質標準。不過，簡易沉降後的廢水仍殘存微量濁度顆粒，可能因其粒徑小，不易藉重力沉降去除所致。相對地，這些小粒徑顆粒卻可能藉攔截、阻塞等機制，而被 MF 進一步過濾，僅部分小於 1 μm 顆粒可能穿透 MF，致使廢水顆粒物質將近完

全去除。

2.UF 過濾

為評估 UF 程序回收處理反洗廢水的可行性，本研究分別分析平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水直接 UF 過濾，及經沉澱、MF 前處理後再 UF 過濾的處理水質，結果如表 5 所示。本研究發現，反洗廢水直接以 50K UF 過濾後，濁度明顯由初始 199 NTU 降低至 0.16 NTU。不僅如此，UV254 則從 0.03 cm^{-1} 減少為 0.02 cm^{-1} ；DOC 亦由 3.5 mg/L 減少至 2.4mg/L。此結果反映廢水濁度顆粒與部分溶解性有機物可被 UF 過濾去除，其中 UV254 和 DOC 的減少，顯示廢水所含微量天然有機物中的大分子腐植質，仍有去除的可能性，其原因可能與有機物被濾餅篩除、薄膜靜電排斥^[8]、或被疏水性薄膜材質吸附有關^[9]。

就溶解性的無機離子而言，在本研究的條件下，發現對鈉離子和硫酸根離子亦有部分去除的效果，使導電度從初始 266 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 微降至 254 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，推測原因可能是天然有機物的腐植質及部分鹽類因濃度極化現象，形成薄膜積垢而產生去除部分離子的效果^[10]；或是帶負電硫酸根離子與薄膜產生靜電排斥而被截留在濃縮液中，為維持電荷平衡，使部分鈉離子亦同步被截留^[8]。

另一方面，表 5 中，反洗廢水先經沉澱或 MF 前處理去除大部分濁度顆粒後，再經 UF 過濾時，處理水的濁度能夠進一步降低至約 0.1 NTU，但 DOC 與無機離子則與直接 UF 過濾的滲透液水質無明顯差異。

綜合上述結果可知，UF 幾乎可完全分離反洗廢水的懸浮顆粒以及部份大分子的

溶解性物質(macromolecules)，可是基於 UF 薄膜孔隙尺寸的限制，其對大部分溶解性有機物和離子仍無法有效過濾^[11]。因此，在一固定的 UF 操作條件下，反洗廢水無論經過沉澱或 MF 過濾前處理與否，基本上都會獲得相近的處理水質。然而，相對 MF 處理的水質，以 UF 過濾處理反洗廢水，更能保障水質符合飲用水水質標準。

(四)反洗廢水排放減量策略

1.加強濾池檢修，維持濾池正常濾程

由前述已知，快濾池濾程為影響反洗廢水量的重要因子。濾池內各小池經長時間過濾及反洗操作，可能因水力和濾砂分布不均、濾砂劣化、泥球產生等原因，造成各小池的濾程長短不一。以平鎮場為例，圖 5 為韋勒式快濾池各小池的濾程分布，可發現二

表 4 平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水經沉澱與 MF 處理之水質

水質項目	處理前	沉澱處理	1 μ m MF 處理
濁度 (NTU)	199±5	5.68±0.23	0.26±0.03
導電度 (μ s/cm)	266±1	265±1	257±4
DOC (mg/L)	3.5	2.9	3.4
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.034±0.001	0.029±0.001	0.033±0.001
[Na ⁺] (mg/L)	6.5	6.3	5.7
[K ⁺] (mg/L)	1.3	1.3	1.3
[Cl] (mg/L)	2.0	1.8	1.4
[NO ₃] (mg/L)	2.8	2.7	2.9
[SO ₄ ²⁻] (mg/L)	136.4	134.7	136.3

表 5 平鎮場韋勒式快濾池反洗廢水經 UF 過濾處理之水質

水質項目	直接 UF 過濾	沉澱+UF 過濾	1 μ m MF+UF 過濾
濁度 (NTU)	0.16±0.05	0.15±0.04	0.06±0.03
導電度 (μ s/cm)	254±1	255±1	253±0
DOC (mg/L)	2.4	2.5	2.2
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.020±0.001	0.018±0.001	0.025±0.001
[Na ⁺] (mg/L)	5.2	4.8	4.6
[K ⁺] (mg/L)	1.2	1.3	1.3
[Cl] (mg/L)	1.7	1.7	1.3
[NO ₃] (mg/L)	2.8	2.7	2.7
[SO ₄ ²⁻] (mg/L)	130.9	130.9	130.6

號池、三號池、九號池及十一號池的濾程，明顯低於平均濾程(1671 min)，而四號池的濾程分布差異極大，顯示在濾程長短的控制上有很大的改善空間。因此，淨水場應優先針對濾程較短及濾程長短差異較大之小池，檢修濾池構造和進行功能評估，減少各小池間效能和濾程的差異，避免過高的濾池反洗頻率，以達到濾池反洗廢水源頭減量之效。

2. 縮短濾池反洗時間

目前淨水場典型皆以固定的反洗水流率及反洗時間，對韋勒式快濾池反洗，因而每次反洗所產生之廢水量是固定的。不過，各小池濾程不同，且濾池在反洗前的過濾操作階段，所承受固體物負荷不等，故截留在濾床中的固體物總量會隨之變動。因此，採固定反洗時間的反洗方式，可能會過度反洗濾池，不僅產生過多的廢水量，更造成濾池在反洗後的初始過濾效能不穩定^[12]。本研究建議淨水場應即時監測快濾池反洗廢水濁度，以濁度歷線作為控制反洗時間之依據，當濁度下降開始趨於平緩時，即可停止反洗操作。以平鎮場為例，反洗時間每縮短一分鐘，理論上可減少 61 m³ 的廢水量，各小池每日約可減少 8% 的反洗廢水產生量。

3. 廢水回收再利用

經由前述試驗結果可知，沉澱處理後的反洗廢水水質，為低濁度的水質特性，因此現階段淨水場反洗廢水多以沉澱或另外併同污泥濃縮處理，上澄液再循環至原水或淨水程序中。儘管此種循環回收方式尚屬合理，然而考量淨水單元負荷與處理穩定性，或是提高廢水再利用率和加強供水安全，反洗廢水亦值得以薄膜程序回收處理及再利用。整體而言，由於反洗廢水所含溶解性物

質來自濾池反洗水，因此反洗廢水以 MF 或 UF 程序去除濁度後，相關水質應已近似清水水質，或符合中水道二元供水系統建議標準。在未與人體接觸原則下，可考量直接回用作為濾池反洗水或場內廁所沖洗用水、景觀用水、一般灑水。若考量補充清水或供應生活用水，為確保大腸桿菌等微生物指標能符合飲用水標準，同時降低微量有機物的風險，MF 程序接續 UF 或更高級薄膜程序，可能仍有必要性。至於薄膜所截留的濃縮液，則可考量由既有廢污處理系統處理，以減少廢水排放。

四、結論

韋勒式快濾池反洗廢水的水量，基本上直接視反洗時間和反洗頻率而定，與濾池濁度負荷無關，其中反洗頻率受濾程影響，當濾程縮減時，廢水量會明顯增加。反洗廢水主要污染物為濁度或懸浮固體物(濁度與 SS 平均分別約為 150 NTU 和 186 mg/L)，其濃度隨反洗時間呈現波峰狀歷線。廢水中懸浮固體物約占近半比例的總固體物，且 99% 以上的顆粒粒徑大於 1 μm 。伴隨濁度顆粒由濾床被反洗至廢水，微生物亦存在於廢水中，其中總菌落數平均約 3400 CFU/mL，大腸桿菌數則約 12 CFU/mL 以下。廢水的溶解性物質基本上來自反洗水(清水)，故有機物濃度偏低(DOC 約 4~6 mg/L)，且導電度亦不高(大致為 220~275 $\mu\text{s/cm}$)。

沉澱與 MF/UF 薄膜程序均可有效去除廢水濁度，其中 UF 對部分 DOC 亦有去除效果。反洗廢水以薄膜程序回收處理後的水質，在濁度、無機離子等水質項目有很大潛

勢可符合飲用水水質標準。因此，本研究建議淨水場除應加強濾池檢修，避免濾池濾程異常縮短，同時檢討場內現行反洗時間合理

性，以減少廢水產量外，未來仍可考量薄膜程序回收廢水的可行性，以對廢水作最大效益的回收利用。

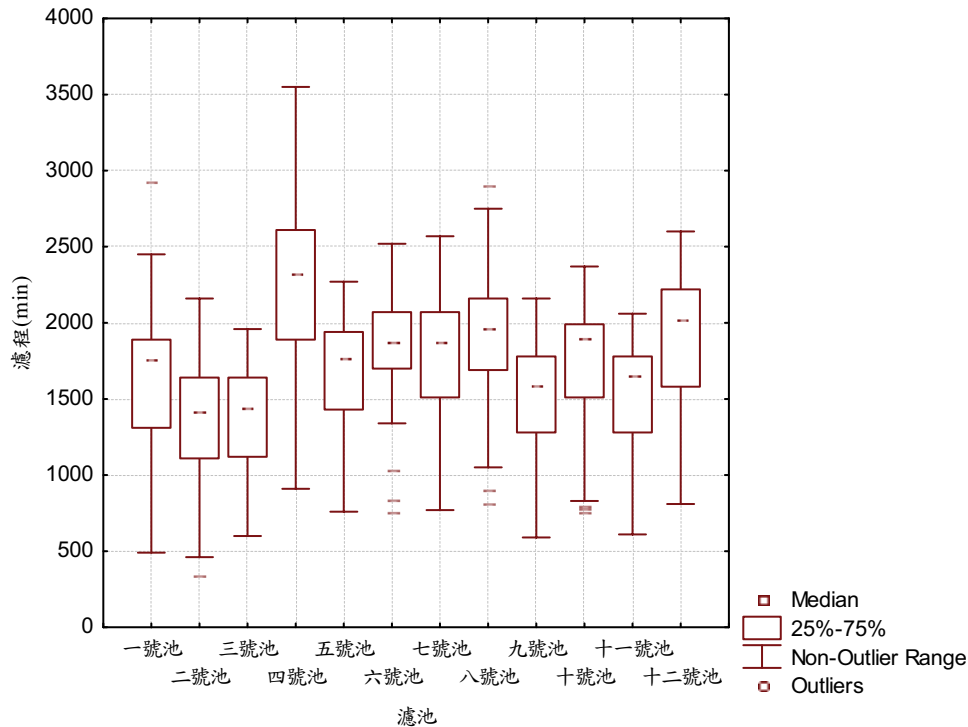


圖 5 平鎮淨水場韋勒式快濾池內各小池之濾程分布

誌謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會計畫經費補助(NSC 96-2221-E-008-025、NSC 97-2221-E-008-027)，研究執行期間另承平鎮淨水場人員協助，特致謝意。本文部分成果已於第十二屆海峽兩岸環境保護學術研討會發表。

參考文獻

1. Bourgeois, J. C., Walsh M. E., and Gagnon G. A., "Treatment of drinking water residuals: comparing sedimentation and dissolved air flotation performance with optimal cation ratios," *Water Research*, 38, pp. 1173-1182(2004).
2. Vos, G., Brekvoort, Y., and Buys, P., "Full-scale treatment of filter backwash water in one step to drinking water," *Desalination*, 113, pp. 283-284(1997).
3. American Water Works Association (AWWA), *Water Quality and Treatment-A Handbook of Community Water Supplies*, McGraw-Hill, Inc., USA(1999).
4. 姜佳伶, 「淨水場沉澱及過濾單元濁度去除及其衍生廢污量之研究」, 中央大學環境工程研究所, 碩士論文, 中壢(2007)。
5. 楊正邦, 「反沖洗廢水處理技術之研究」, 台灣科技大學化學工程系, 碩士論文, 台北(2005)。
6. 朱敬平、吳政倫、李文善、黃志彬、鍾裕仁, 「以薄膜技術回收淨水場快濾池反沖洗水之

可行性研究」,中興工程季刊,第99期,第19-26頁(2008)。

- 7.黃志彬,「以MF 薄膜程序回收淨水場砂濾反沖洗廢水之研究」,行政院國家科學委員會,專題研究計畫成果報告(2005)。
- 8.林何印,「超濾與逆滲透薄膜程序處理及回收工業廢水之研究」,中央大學環境工程研究所,碩士論文,中壢(2005)。
- 9.吳政倫,「配合混凝前處理之截流式微過濾薄膜回收處理淨水場砂濾反沖洗水之研究:實驗室評估」,交通大學環境工程研究所,碩士論文,新竹(2006)。
- 10.陳宜秀,「天然有機物對於UF薄膜阻塞機制之探討」,淡江大學水資源與環境工程學系,碩士論文,台北(2002)。
- 11.Cheryan, M., Ultrafiltration and Microfiltration Handbook, Technomic Publishing, Lancaster, USA(1998).
- 12.Kawamura, S., "Design and operation of high-rate filters," Journal of American Water Works Association, 91, pp. 77-90(1999).

作者簡介

曾迪華先生

現職：國立中央大學環境工程研究所教授

專長：自來水及污水工程、水及廢水回收再利用技術

范姜仁茂先生

現職：國立中央大學環境工程研究所博士後研究員

專長：臭氧化處理技術

范喻翔先生

現職：國立中央大學環境工程研究所碩士

專長：廢水物化處理

黃啟彰先生

現職：國立中央大學環境工程研究所碩士班研究生

專長：薄膜處理技術

「2009 年第三屆國際水協會亞太地區會議及展覽會」 成果報告

文/廖宗盛、許培中、周佑芷

一、前言

「國際水協會亞太地區會議及展覽會」是國際水協會在亞太地區舉行規模最大的水領域會議^[註1]，該會議每兩年舉辦一次，恰與另一國際水協會舉行的重要水領域會議-國際水年會隔年召開^[註2]。第一屆及第二屆國際水協會亞太地區會議及展覽會分別於 2005 年及 2007 年在新加坡與澳洲伯斯(Perth)召開，我國自 2005 年便開始積極爭取本屆大會之主辦權^[註3]，終在李前理事長錦地、本會國際委員會委員駱尙廉教授、葉宣顯教授及國內相關人員爭取下，2007 年伯斯年會閉幕時宣布第三屆由台灣主辦，並在 2009 年 10 月 18 日在廖宗盛理事長領導下，經台灣大學環境工程研究所駱尙廉教授及中華民國自來水協會許培中祕書長等同仁的努力，辦理完成第三屆大會之主辦任務。

由我國主辦的「第三屆國際水協會亞太地區會議及展覽會(The 3th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition)」於 2009 年 10 月 18 日至 22 日假台北國際會議中心(Taipei International Convention Center)舉行。此屆會議由中華民國自來水協會及台灣大學環境工程研究所共同主辦，且依循 ASPIRE 傳統的雙主席制度，分別由自來水協會的廖宗盛理事長及台大環工所的駱尙廉教授，擔任本屆大會的主席。

本屆大會共計有來自 37 個國家 831 位與會者^[註4]，其中以日本與韓國參與最為踴躍；

日本計有 169 人與會，韓國計有 87 人與會。此現象應與日本東京獲選為 2011 年第四屆國際水協會亞太地區會議及展覽會之主辦國，及韓國釜山獲選為 2012 年世界水會議主辦國有關^[註5]，日、韓兩國皆希望藉由觀摩本屆大會之籌辦情形，做為未來籌辦大會的重要經驗，各國與會者分布圖，如圖 1。

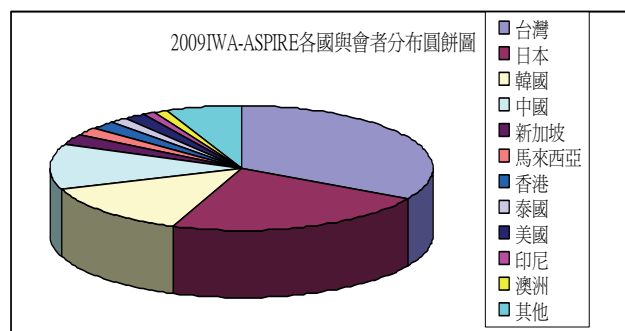


圖 1 2009 IWA-ASPIRE 各國與會者分布

二、研討會

本屆大會以“亞太地區水資源永續發展 (Working for Asia-Pacific Water Sustainability)”作為主軸，研究主題分別如下：創新處理技術-包括薄膜與奈米技術-吸附 (Innovative treatment technologies including membrane and nano-technologies-(C)adsorption)、教育、訓練及能力培養(Education, training and capacity building)、儀器與控制(Instrumentation and control)、汙染與溼地系統(Diffuse (non-point) source pollution and wetland systems)、環境治理 (Environmental remediation)、水或汙水計畫之籌資(Financing water / sewerage projects)、環境衛生與健康

(Environmental sanitation and health related issues)、創新處理技術-包括薄膜與奈米技術-氫 (Innovative treatment technologies including membrane and nano-technologies-(D)hydrogen-E)、污水與工業廢水之收集、處理與管理(Sewage and industrial wastewater collection, treatment and management)、汙泥處理 (Sludge management and disposal)、創新處理技術-包括薄膜與奈米技術-薄膜(Innovative treatment technologies including membrane and nano-technologies-(A)membrane)、創新處理技術-包括薄膜與奈米技術-奈米(Innovative treatment technologies including membrane and nano-technologies-(B)nano)、水資源再利用 (Water reuse)、小區處理系統(Small scale treatment systems)、飲用水水質、處理及分配 (Drinking water quality, treatment and distribution)、新視野、策略及規章(New vision, strategies and regulations)、流域管理及優養化 (Watershed management and eutrophication)、高及氧化過程(Advanced oxidation processes)、其他相關議題(Other related issues)。

有關論文的部分，本屆大會共計有 478 篇論文發表，其中 295 篇為口頭論文發表^{註 6)}，其中包括 35 篇學生競賽論文；另外有 148 篇係壁報論文發表^{註 7)}，張貼在會場一樓供大家閱讀。綜觀而言，本屆會議與會者產、官、學界出席及發表論文比例均衡，情形甚為踴躍。研討會後，為表揚參賽同學與壁報論文發表者的傑出表現，大會特別評選出 12 篇優勝學生競賽論文及 11 篇優勝壁報論文，於 21 日圓山飯店晚宴中頒發獎狀及獎品^{註 8)}。口頭論文的部分，經大會邀請各國學者進

行初審及複審兩輪審查後，將於大會結束後 1 個月內，評選出 70-75 篇刊登於 Water Science & Technology；45 篇刊登於 Water Science & Technology : Water Supply；約 110 篇刊登於台灣大學環境工程學刊(JEEAM)。此外，在會議進行期間，同時有兩場 Workshop 於 10 月 20 日舉行，一場主題為 Water Reuse System Integration，由台大主辦；另一場主題為 Water Reuse & Sea Water Utilization，由成大主辦，對水的再生利用及發展水利產業均有深入探討^{註 9)}。

三、展覽會

為促進各國水資源研究與技術交流，大會設置了展覽專區，邀及相關領域單位參展。原本規劃 42 個攤位(含 101 室展覽區及大廳南北側休息區)，因各界反應熱烈，攤位早於大會開幕前 3 個月就已全部售罄，最後又追加 3 個額外攤位於南側報到區及 101 室展覽區外側。本屆展覽會共有 24 個國內外民間企業、政府單位、學術單位與公營事業單位參展，其中又以國外廠商占大部分。其分布圖如圖 2、圖 3。

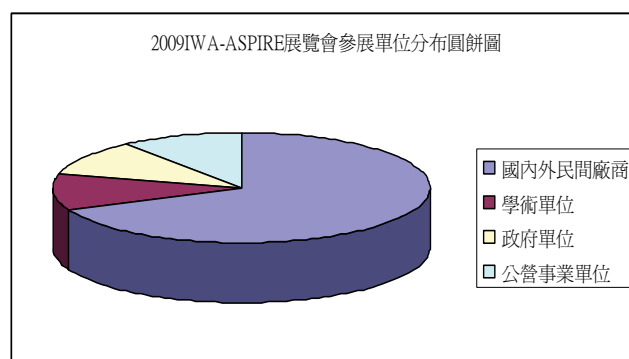


圖 2 IWA-ASPIRE 展覽會參展單位分布

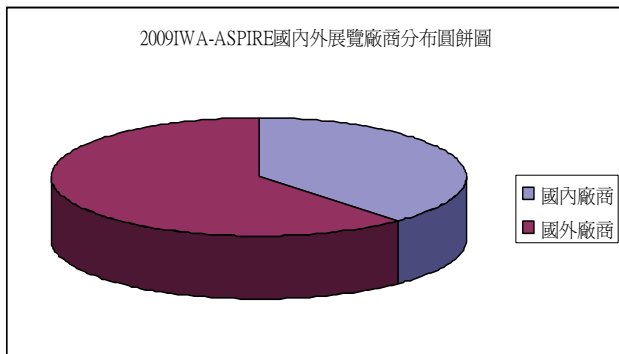


圖 3 IWA-ASPIRE 國內外展覽廠商分布

展覽會中展出了許多水領域的新興系統與材料，諸如具耐震功能的波浪管、耐震接頭等；此外，還有新式的電磁式水表及漏水檢測儀器，而不斷水系統也是本次展覽的重點之一；另外，值得一提的是，在本次展覽會中，亦有俄羅斯廠商展示了新興的造雲、造雨系統。本屆展覽之項目眾多且遍及水利產業的各個面向，相信在水領域各項實務操作及應用上，可為各國與會者帶來許多新的思維及作法。

四、開閉幕典禮

1. 開幕典禮

大會開幕式於 10 月 19 日上午 9 點正式開始，副總統蕭萬長先生親臨致詞，在致詞中副總統重申水資源對台灣的重要性，並強調防洪治水、水庫更新及下水道建設是政府持續關注、努力的目標，且預祝大會圓滿成功。之後，由大會主席廖理事長代表中華民國自來水協會頒發傑出貢獻獎 (Outstanding Contribution Award) 給國際水協會會長 David Garman 及國際水協會秘書長 Paul Reiter，以表彰兩位貴賓長期以來對台灣水領域的支持與貢獻。

本屆大會開幕典禮安排了四場專題演說 (Keynote Speech)，分別是來自中國北京清

華大學的錢易教授，講題為 "Current Status of Research on Wastewater Treatment in China"、來自日本的 Ikuo Mitake 副教授代表因病不克出席的日本水道協會專務理事 Yoshihiko Misono 先生，發表專題演說 "The Future Vision for the Japanese Water Utility Management"、來自美國加州理工學院的 Michael R. Hoffmann 教授，講題為 "Solar Driven Electrochemical Approaches to Water Treatment, Energy Production, and Environmental Sustainability"，而代表台灣的台灣大學蔣本基教授的講題為 "Development of Integrated Water Management Plan for Adaptation to Climate Change"，開幕會場約可容納 700 人，聽講者座無虛席，足見各國與會者反映之熱烈。

四場專題演講結束後，即為展覽會開幕，由大會主席廖理事長、駱教授、國際水協會會長 David Garman、國際水協會秘書長 Paul Reiter、臺北自來水事業處郭瑞華處長及前日北水道協會專務理事川北和德先生等國內外貴賓一同剪綵，並宣布展覽正式開始。

2. 閉幕典禮

大會閉幕典禮 10 月 21 日下午 4 點舉行，首先由大會主席駱教授致詞感謝所有國內外與會者及工作人員熱情參與及辛勞，使得本屆大會能夠成功且圓滿地進行到最後一天，接著，國際水協會會長 David Garman 也發表這幾天的感言，Garman 稱讚大會籌畫及執行的用心，堪稱近年來舉辦最成功的亞太地區會議，也為日後舉辦亞太會議的城市，立下了一個非常高的標準。

貴賓致詞過後，隨即展開交接儀式，由

大會主席駱教授將象徵主辦權的銀盤移交給下屆主辦城市的代表，日本北海道大學的 Yoshimasa Watanbe 教授，Watanbe 教授除歡迎各國與會者參加下一屆的大會外，也撥放了一段精采的宣傳短片，希望大家兩年後在日本東京相見。

閉幕典禮歷時一小時，簡單而隆重，會後各國與會者驅車前往圓山大飯店參加大會晚宴。

五、Special Events

1. 歡迎晚宴

10 月 18 日晚間舉行的歡迎晚宴，於台北自來水園區採較輕鬆的戶外 standing buffet 方式進行，特別的是，在晚宴開始前，臺北自來水事業處還安排了約半小時的園區導覽，讓與會各國貴賓了解大臺北地區的自來水供水現況及自來水博物館的歷史。臺北市郝龍斌市長也以主辦城市大家長的身分蒞臨致詞，歡迎各國與會者來到台北這座美麗的城市，並且希望與會者都能在往後的會期中充分交流經驗，滿載而歸。歡迎晚宴除了有精緻的外燴餐點，還有精彩的原住民舞蹈及 live band 表演，整個活動一直持續至近晚間 9 點才結束。

2. 大會晚宴

本屆大會晚宴於 10 月 21 日下午 6 點 30 假圓山大飯店大宴會廳舉行。大會原定的桌數為 50 桌，但由於各國與會者參與非常熱烈，最後大會加桌至 58 桌，才容納的下所有國內外與會者。

行政院院長吳敦義親臨現場致詞，院長在講詞中提到，由於經濟的快速成長及全球氣候變遷，水資源的永續發展，已經超越環

保議題，成為攸關生命存續的重要課題，政府希望從水源、水量、水質三大面向正視水資源的管理與規劃，進而在滿足民生基本需求外，更積極趕上專業化、國際化的世界趨勢，達成穩定、可靠，質優、量足及永續發展的使命。

院長於致詞後亦留在會場與各國貴賓一同用餐，並欣賞大會準備的精彩表演。本次晚宴共有四段表演節目，除氣勢磅礴的開場太鼓表演外，還有精湛的扯鈴特技表演及四川變臉秀，用餐間亦有台大國樂社輕快的國樂伴奏；此外，大會也在晚宴中安排三項頒獎典禮，分別是頒發學生競賽論文優勝、壁報論文優勝及贊助廠商感謝獎牌^[註 10]。

在愉快的氣氛下，各國與會者皆非常享受本次的晚宴，大家相互交流會期間的寶貴經驗，並期待下一次的見面。

六、YWP

依照亞太地區會議及展覽會之慣例，今年的青年水專家討論會 (Young Water Professional, YWP) 於 10 月 18 舉行，本次討論會由台大環工系林郁真助理教授負責籌劃、住持，主要是提供 40 歲以下的青年水專家一個相互交流的平台，計有 50 位水領域研究相關或從業人員參加。上午的議程為專題演講，下午則由四位來自政府、非政府營利組織(NGO)、學術單位及公營事業單位，從事水領域相關工作的講員和與會者分享職場現況及工作心得。會後，各國與會者前往台北 101 大樓參觀，一睹世界最高樓的風采，為本屆大會的青年水專家討論會劃上完美的句點。

七、技術參訪

本次大會技術參訪地點包括台灣許多重要水利設施，各國與會者可藉由本次參訪，了解台灣現行的自來水淨水及供水系統。大會共規劃四條路線，共計有國內外與會者 113 人參加。參訪路線一為直潭淨水場及翡翠水庫，參與者 49 人；路線二為淡水八里汙水場及淡水老街，參與者 24 人；路線三為北縣鹿角溪濕地及鶯歌陶瓷博物館，參與者 13 人；最後一條技術參訪路線為澄清湖高級淨水場及愛河，參與者 27 人。本次技術參訪能如此成功，要特別感謝台灣自來水公司、臺北自來水事業處及台北縣政府這三個單位的大力協助，得以讓各國與會者一窺平日不易參觀的我國自來水重要設施。

八、結語

本屆大會歷經 2 年的籌畫及準備^[註 11]，終於在 10 月 22 日技術參訪結束後劃上圓滿的休止符。台灣上次承辦如此大型的國際水領域會議，已經是 1999 年的事情了，這次由台灣舉辦的亞太地區大會，獲得國際水協會及各國與會者的一致好評，其中更有許多與會者是第一次來到台灣，都對台灣籌辦國際會議的能力及濃厚的人情味留下了非常深刻且美好的印象。現將本次大會的具體成果及效益，簡列如下：

1. 確保我國在 IWA 之會員國資格並提升我國在 IWA 之地位。亞太分會為目前國際水協會中最大的分會之一，本屆大會國際水協會之會長、秘書長及重要執委會委員均與會參加，會長和秘書長甚至全程參與，不僅有助於我國在 IWA 之地位，亦為未來爭

取舉辦國際水年會鋪路。

2. 促進水資源及其相關領域之學術交流與推展，拓展台灣水資源領域之國際視野。
3. 水資源研究與技術之展示。國內水資源相關研究技術單位近年來累積相當之研究發展成果，藉由主辦本次大會，得以對國際展現我國在水資源方面研究之成果。
4. 強化國民外交之推展。各國與會人士藉由本次大會，對台灣的風土民情有了更深入的認識，亦對我國「富而好禮」的文化，有了難以磨滅的印象。
5. 奠定台灣水資源在亞洲地區的領導地位。鼓勵亞洲地區的水資源相關政府部門官員和青年學者重視水資源領域的專業發展，積極投入區域性的水資源議題研究，從而建構水資源的區域連絡網。

此次會議的成功，不僅提升了台灣在國際水領域的地位、促進了台灣觀光產業，也為台灣的國際形象大大加分。在水協會及台灣各研究單位的積極參與下，相信將來會有更多水領域的大型國際會議在台灣舉辦，也讓世界各國看到台灣在水領域技術及研究的努力。

作者簡介

廖宗盛先生

現職：中華民國自來水協會理事長

許培中先生

現職：中華民國自來水協會秘書長

周佑芷女士

現職：中華民國自來水協會助理

附註

1. 國際水協會(International Water Association, IWA)的前身為國際供水協會(International

Water Supply Association, IWSA, 成立於1947年)及國際水質協會(International Water Quality Association, IAWQ, 成立於1965年), 上述兩協會於1999年合併成為國際水協會。亞太地區分會則由前亞太自來水協會(Asia Pacific Regional Group, IWA-ASPIRE)改組而成, 成員包括台灣、中國、香港、日本、韓國、新加坡、馬來西亞、印尼、菲律賓、泰國、澳洲、紐西蘭及美國等13個地區及國家。

2. 我國台灣自來水公司前總經理謝啓男先生及台大環工所駱尙廉教授為第一屆亞太會議國際委員會之籌備委員; 我國第二屆亞太會議國際委員會之籌備委員則為台大環工所駱尙廉教授與中央大學環工所曾迪華教授。
3. 我國代表赴新加坡參與第一屆大會並爭取第三屆主辦權之報告, 詳見: 李錦地、吳陽龍、吳世紀, 〈赴新加坡參加「第一屆國際水協會亞太地區研討會暨展覽會」報告〉, 《自來水會刊雜誌》, 24卷4期, 2005, 頁75-82。
4. 國內與會者277人, 國外與會者554人。工作人員另計有97人。
5. 韓國大田(Daejeon)為爭取2013年第五屆國際水協亞太地區會議及展覽會之主辦權, 本屆大會亦有代表團與會。

6. 口頭論文共分10個場次、20個主題發表。
7. 研討會之口頭論文及壁報論文於2008年5月開始徵件, 並於2009年3月公布入選之名單。
8. 學生競賽論文優勝者國家分布如下: 台灣4人、日本5人、泰國1人、馬來西亞1人及中國1人; 壁報論文優勝者國家分布如下: 台灣3人、日本4人、韓國3人及新加坡1人。
9. Workshop: Water Reuse System Integration 的主辦單位為臺灣水利產業發展促進協會, 執行單位為成功大學水工試驗所, 與會者約125人; Workshop: Water Reuse & Sea Water Utilization的主辦單位為台灣大學環境工程研究所, 與會者約160人。
10. 受獎之贊助廠商分別為: 台灣電力股份有限公司、台旭環境科技股份有限公司、宏碁股份有限公司、大華鋼鐵機械股份有限公司、友騰工業股份有限公司、錦源鑄造工業股份有限公司及興南鑄造股份有限公司。
11. 籌備期間, 大會籌備委員會(包括財務組、學術組、接待暨報名組、秘書事務組、活動事務組及展覽事務組)共召開7次籌備會議、10次學術及技術委員會議與16次小組座談會議。

會期剪影



(大會主席廖理事長於開幕典禮致詞)



(蕭副總統於開幕典禮致詞)



(大會主席廖理事長頒發傑出貢獻獎予國際水協會會長 David Garman 及國際水協會秘書長 Paul Reiter)



(吳院長於大會晚宴中致詞)



(郝龍斌市長於歡迎晚宴中致詞)



(展覽會開幕剪綵)



(展覽會會場)



(研討會會場)



(大會晚宴現場)



(YWP 會後各國與會者合照)



(技術參訪現場)



(大會主席駱教授將象徵主辦權之銀盤交予日本代表 Watanbe 教授)

國際自來水瞭望台

譯/范家瑋

學習以色列的專業水利處理技術

以色列正積極向全球推廣其在水處理方面的專業。Keith Hayward 針對將於今年 1 月於以色列舉行的第五屆國際水技術與環境控製展及會議 (Water Israel 2009) 中展示的最新技術及相關發展進行了以下的報告。

新技術的引進大幅增加了可口可樂的裝瓶效率

目前最新的兩項水利相關技術 - 紫外線消毒及現場採集水質檢測 - 為可口可樂位於以色列的瓶裝廠帶來了可觀的效益；不僅使其順利達到預定的遠大目標，更使其在廠務及生產線的執行效率上躍升為全球頂尖的領導地位。

可口可樂於以色列的經銷公司 - 中央瓶裝公司 (Central Bottling Company, Israel) 位於首都特拉維夫近郊，以所謂超大型工廠 (mega-plant) 的模式經營，產能為每日 150 萬瓶數種碳酸飲料。

身為廠內技術的最高指揮，Dov Landman 的工作除了控管廠內各項機器的運作外，還得肩負成品品質的責任，以確保廠內出品的飲料皆有一定的保障。然而品管過程中，由於每次購入的水質不盡相同，加上堅持不使用防腐劑，維持成品品質一致的目標執行起來並不容易。除此之外，由於國內水源的缺乏，為了減少資源的浪費，目前廠內正在全面控管水的用量。面對外在諸多的限制及挑戰，Landman 形容在這種情況下兼顧可口可樂對其產品品質的要求幾乎是一項「不可能的任務」。

中央瓶裝公司的用水購自以色列的供水大盤商 Mekorot (國家水務公司)，其水源可能來自數個不同的地下蓄水層，如海岸地下儲水層 (costal aquifer)、山區儲水層 (mountain

aquifer)、或採集自位於以色列北方的都市加利利 (Galilee) 的全國運水單位 (National Water Carrier - NWC)。Landman 解釋，不同來源的水雖然皆可在數小時內送抵工廠，但不同地區的水質都有其獨自的特性及品質上的顧慮：「不同來源的水在質地上有著相當大的差異。為了將它們轉換成符合我們使用的統一狀態，針對不同特性的水我們也採取不同的處理方式，以確保成品品質的一致性。」。因此，瓶裝廠內採用的是多層過濾的水處理法，主要檢驗及過濾項目為微生物的純淨度及水質的鹼濃度是否達到可採用的標準。

其中處理過程共分兩線進行 - 第一線針對水中的石灰進行軟化、凝聚、沉澱及過濾，接著再以氯素消毒及活性碳過濾來移除有機物質及氯。之後除了再次經過拋光過濾器進行另一道處理外，即使在這個階段氯已經不存在了，為了確保水質的純淨，最後還是額外增加了 UV 處理來澈底消毒。第二線則由砂濾系統 (sand filtration)、加氯消毒、活性碳、及逆滲透進行一連串的過濾，處理後的水再集中於貯水池中以 UV 環繞式的照射進行再一次的消毒。最後再將兩線分別處理的過濾水混合以達到所需的鹼濃度。

廠內的 UV 處理系統是由以色列當地的企業 Atlantium 公司所提供的。四年前，可口可樂廠是第一批開始採用 Atlantium 公司的原始技術 - R 系列過濾系統。這個安裝在處理過程第一步的作業系統主要是由中壓紫外線燈管 (medium pressure UV lamp) 構成，放置於待過濾水的外圍。為了更進一步擴張過濾的效能，Atlantium 公司約一年多前另外開發了更新的 RZ 系列作業系統，放置於處

理過程的第二步。這項創新的發展有了大部分 Atlantium 的原始設計。然而為了方便應用於更大規模的處理，如地方市政等大型市場，紫外線燈管自外圍移到了貯水池內外。目前，Atlantium 公司僅推出這項設備小型款的問市，未來將積極推廣大型的設備。

Atlantium 公司所研發技術的主要特點即一個供水流通過的石英管，並以紫外線燈管延著管身投射，同時利用全內反射 (total internal reflection) 的現象使紫外線留在管內。如此一來便形成了 Atlantium 公司所描述的「獵殺區」來進行一致且有效的消毒。同時，兩台紫外線觀測器也同步測量紫外線燈管的紫外線排放及水中的紫外線含量，直接進行紫外線傳輸的線上測量。

當中央瓶裝公司決定不再使用防腐劑時，可口可樂公司對於其水質的要求訂定了更嚴格的標準。如，廠內飲料生產用水的微生物含量標準必須自原本的每毫升 25cfu (微生物計數單位) 降至每 100 毫升 100cfu。如此大幅度的調整使得紫外線系統成為促使中央瓶裝公司達到預定目標的最佳利器。Atlantium 公司的國際食品及飲料部門的執行長 Rotem Arad 指出，中央瓶裝公司在設備的安置上下了極大的功夫。因此，對於達到新的標準他們有絕對的信心。對可口可樂公司來說，不斷提昇對品質的要求是他們持續努力的目標 - 「他們 (可口可樂公司) 並不僅是與我們合夥共同作業的夥伴，同時也是所有可能範圍挑戰我們的嚴師。」

除了上述的處理方法外，Atlantium 公司還有其他更有效的水質處理方式能幫助 Landman 達到預訂的目標。Atlantium R&D 部門的副執行長 Itzik Rozenberg 表示，他所率

領的團隊正在研究如何將現有的技術應用於薄膜的清理上。目前他們正以不同類型的水質及條件作測試，目標在於提供給他們的行銷及業務人員更大的保障，使其在銷售時對於產品的作業能力能有更大的信心。

除此之外，Rozenberg 也表示：「對於這些開發，我們投入了相當可觀的人力及資源。目前我們已掌握了初步讀數以外的資訊，也準備以這次的經驗供獻給同行相關的從業人員。」

其他用於工廠運作的新技術包括由以色列藍典科技公司 (Blue I Water Technologies, Israel) 提供的水質檢測設備，它的多參數 (multi-parameter) 系統最多可同時測量八組參數，包括氯、酸、鹼、及濁度等。除此之外，這款設備還能藉其僅 10ml 的反應管 (reaction cell) 進行比色分析 (colorimetric analysis)；其卓越的內建系統更可每兩分鐘推算出一次自由餘氯 (free chlorine) 及總氯 (total chlorine) 含量。

除了藍典科技公司提供的水質檢測設備外，中央瓶裝公司內用來做處理後水質最後檢測的一系列三項設施中最新的一項僅於今年六月完成安裝及演算規則的升級。第一項設施安裝於四年前，主要功能為檢驗以碳過濾程序除氯的效果；第二項設施完工於兩年前，主要用以確保沒有殘留的氯進入逆滲透的薄膜中；兩項設施皆於這次的系統升級中鍵入了新的演算規則。

為了達到環保單位及可口可樂不斷緊縮的標準，中央瓶裝公司還需要擴充更多的設備。自從宣佈不再使用防腐劑後，中央瓶裝公司的用水量比率 (即每單位成品的用水量) 即由之前的 1.55 增加至 1.63，並在 2008 年降至 1.52。目前雖已再度降為 1.41，但對於達到 1.30 的目標中央瓶裝公司仍有不少進步

空間。Landman 表示：「我們已然成爲全球頂尖瓶裝廠。配合廠內全體員工的努力，成爲全球第一的目標也不是遙不可及的夢想。」不可否認的，最新科技的運用在擴充工廠的效能上起了相當大的作用。然而對中央瓶裝公司來說，每日執行上決策的提昇才是目前首要的工作。Landman 表示：「畢竟技術的運用及效率的管理間的作用是相互影響的，安排得當其效果也能事半功倍。」

擴展以色列都會區的資源再利用

以色列在廢水回收再利用的實施上一向頗具盛名，並專精於將處理過的廢水利用於農業灌溉。試想，若將廢水回收應用於城市地區，不僅可以擴大廢水處理的使用，更可緩解該區資源需求的緊迫。因此，以色列當局已鎖定特拉維夫東部的城鎮 Ganei Tikva，特別爲其量身訂作了一項資源回收再利用的企劃；目標除了減輕該區用水的需求外，也希望藉此將以濕地爲基礎的處理系統升級爲適用於都會區使用的進階版，並爲資源再利用設立一個新的里程碑。

這項企劃案的實行地點 Ganei Tikva 約有 550 戶居民，並設有 100m³ 的汙水 (grey water) 收集系統。採集後的汙水將被送至地下的沉澱池來分離無法自然分解的物質，其後再抽至溼地處理系統上方任其流至下方的貯水池中進行 UV 處理，完成後再回抽至溼地處理系統，流至一觀賞用的池塘。多餘的水流則被用來作爲周圍景觀的灌溉。

這個系統的核心部分爲其自然生物處理系統。爲了達到專案設計師對於整個建案的設置及規劃，這個系統共由 96 個 4m 平方，深 0.8m 的水泥室組成。然而實際操作上是不同時動用所有水泥室的。同樣地，廠內的造景香附子、鳶尾、莎草、及大量花蘭的栽種也是依照設計師的規劃及各種植物對處理系統的功能性打造的。

除此之外，廠內另有約可容納 900m³ 水

的觀賞用池塘，進口的水質被設定爲 5mg 每一生化需氧量 (5mg/lBOD)，5mg 每一總懸浮固體量(5mg/l total suspended solids)，及零大腸桿菌。

這項大型的企劃是由 Ayala Water & Ecology 公司的 Eli Cohen 一手打造。Cohen 同時也與 Syrkin Buchner Kornberg 工程顧問公司合作，經驗豐富。這項工程大致上已近完工，所有的水泥室都已按計劃搭建完成，觀賞用的池塘也即將完工，然而整體上仍有些許主要障礙需要與高層人員協調共同克服。例如，許多幫浦及電機設備仍待安裝，並且尚需大筆資金的投入來確實完成所有餘下的工程。同時，Cohen 也說明，整項建案仍在等候衛生機關的核准。由於這項建案規模相當龐大，地點又位於市中心，加上兼具觀賞性質，Cohen 將整項工程比喻爲「以色列第一座景觀型自然生物處理廠」。因此，「衛生署等相關單位對於這項建案的歸類及定位有所顧慮，對於審核過程也特別嚴謹，遲遲不肯通過」。在此期間，住宅區排出的汙水經由特殊管道送至下水道，而自然生物處理廠內的植物則由城市內的主要水源灌溉。

雖然目前尚待數個機關審核，Cohen 對於眼下的情形仍抱持著樂觀的態度。由於 Ganei Tikva 這項建案規劃得相當完善，遇到偶發狀況時任一階段皆可依其必要性將水流直接排入下水道。然而在開始運作之初，可能還是得借助城市內的主要水源來確保廠內設備運轉的效能及功能性。Cohen 指出，Ganei Tikva 的市長不僅在企劃之初便大力推崇整個建案，並對完工後處理廠的運作極具信心，「無論如何都會儘快採用這項新興設施」。

除了市場的支持及處理廠本身的優勢外，Cohen 尚有諸多理由對於建案持續保持樂觀。他所設計的系統一直以來多被用來處理排放量高的農/工業廢水；如垃圾掩埋場滲出水及奶製品生產農場和石油業排放的廢

水。近年間於以色列，Cohen 開發的系統更被廣泛應用於處理商業及住宅區的污水；位於特拉維夫的 Ampa 商業中心及近 Netanya 市的 Poleg 住宅區等也都具備 Cohen 設計的污水處理系統。除此之外，他的設計原理又與現代水源管理的理念相呼應 - 兩者皆以於都市計畫中融入分區型廢水處理系統為目標，以減輕目前中央處理系統產能將屆的危機，並進一步實現提昇都會環境的理想。Cohen 表示，「我有信心在不久的將來，配合系統的完工，一定能達到預期的目標」。

耶路撒冷的水源供給緊急支援系統

以色列當局正為耶路撒冷市進行一項由電腦運作的決策支援系統的研發，以協助執行者判斷污染事件中水源供應網路的應變措施。整個系統的承建計劃由位於耶路撒冷的 Hagihon - 以色列最大的水質及廢水處理工程公司 - 委託 Tahal 工程顧問公司 (Tahal Consulting Engineers) 規劃進行。

如果支援系統安排得當，控制室的執行人員便能夠及時或預先得知可能污染事件的發生，並盡速連絡所有相關單位採取必要的處理措施。除此之外，事發同時支援系統也會立即透過網路模擬污染的可能擴散模式及範圍，並通知執行人員應關閉的閥門位置，有效地增加行動效率以降低影響範圍。

支援系統的修建已於今年年初開始進行，目前覆蓋所有網路的先導系統已經完成，並將於近期內安裝完成後進行測試；一切準備就緒後即可著手進行其餘各項工程的發展。

支援系統設備修建的第一構成要素就是資料的鍵入。這些資料除了包括整體網路的實體架構及三筆季節性需求的情境，同時也包含曾經遭受污染的地點、時間、所需的模擬時間、起始狀態 (如貯水池水量)、和採取的行動等相關資訊。

第二構成要素為運用 Tahal 公司開發的

Hadmaya 軟體，結合追蹤模擬系統進行的水理模擬 (hydraulic simulation) 來預測污染的擴散走向。在耶路撒冷的網路區內共有長達 350 公尺的地形變化及 30 個獨立壓力區 (pressure zones)。連 Tahal 水資源規劃部門整體設計單位的首長 Yaron Gerfen 都表示：「這一區的地形環境真是出奇地複雜」。

除了上述兩項構成要素外，第三項為方便執行者操作的使用者介面 (user interface)。在緊急情況時，有兩種設備可以啟動：貯水池或是其他與外界的連結，如各區的連絡網路。同時，使用者也可於事發當時依照自身對網路的了解調整預先設定的標準。除了緊急情況外，介面也可於非緊急情況時啟動；如定期進行例行檢測時。

最後一項構成要素為圖表的製作，以利顯示及分析檢測結果。圖表中，被關起的閥門限制住的區域將被連接形成一個多邊形的圖像，將此訊息輸出至 Hagihon 特有的 GIS 系統後即可用來支援後續行動的執行。在從前，構成像這樣的多邊形圖像需要八個小時左右的時間來執行；新的設備安裝後，同樣的模擬作業便可即刻完成，大幅提昇了執行效率。

Gerfen 表示，這些結果皆來自於獨立的決策支援系統，並沒有外在液壓工具的介入來減少反應時間、縮小危險發生的可能、或降低財務上的損失。

總而言之，這次企劃最主要的創舉還是如何連接各個主要元素。Gerfen 說明：「我們嘗試了各種不同的結合方式，並成功找出效益最大的連結模式。在相關樞紐連接完成後便可於關鍵時刻迅速並且確實地下決策，是一項不可多得的利器」。除此之外，Gerfen 並補充：這種工具「不僅適用於耶路撒冷，還可於全球各地使用」。

(摘譯自 Water21 - Magazine of the International Water Association Aug., 2009, 范家璋)

中華民國自來水協會第十六屆理、監事會第十二次聯席會議紀錄

時 間：民國 98 年 9 月 11 日（星期五）下午 2 時 30 分

地 點：本會會議室(台北市長安東路二段 106 號 7 樓)

主 席：廖理事長宗盛

出席理事：廖宗盛 黃慶四 郭瑞華 李公哲 王桑貴 賴文正 吳振欽 林 岳 鄧志清
張明欽 楊水源 吳美惠 葉宜顯 黃志彬 高文浩 陳曼莉 宋金順 蘇金龍
吳陽龍 駱尙廉 陳宏濤

出席監事：王炳鑫 齊景新 呂鴻光 施澍育 蔡茂麟

請假理事：陳福田 胡南澤 謝啓男 王文賢 楊清和 林連茂 陳錦祥
王池田 孫新惠 (出國) 黃進財

請假監事：李錦地 翁自保 謝堽煌

列席人員：許培中 劉家堯 王魯人 蔡麗嫻 李美娥 管惠嬋 謝雅婷 周佑芷

記 錄：王魯人

一、主席致詞：(略)

二、報告事項：

(一)秘書長綜合報告：詳如議程書面資料(略)

結論：同意備查。

(二)各種委員會工作報告：

諮議委員會報告：詳如議程書面資料(略)

結論：有關各單位推薦表彰案於提案討論時再行審定。

國際事務委員會報告：

1. 「2009 年第三屆國際水協會亞太地區會議及展覽會」籌辦情形，詳如議程書面資料(略) 報告人 主任委員 駱尙廉

結論：(1)Gala Dinner 貴賓致詞部份請保留，屆時擬請行政院院長或副院長蒞會致詞。

(2)須考慮 H1N1 疫情處理措施。

(3)本會以本(98)年 9 月底截止，本屆 IWA-ASPIRE 總收入先行提撥 15%行政管理費，保留以爲本會出席 2011 年於日本舉辦之第四屆亞太會議專款專用經費。

(4)各位理、監事對本次亞太會議之籌辦有何寶貴意見，請於九月底前提籌備

會參酌。

(5).餘同意備查。

2.出席「2009 年國際水協會理事會」報告 報告人 葉委員宜顯「2009 年國際水協會理事會(IWA Governing Assembly Meeting)」於 9 月 5 日上午九點於海牙非常古典之荷蘭國會大廈(Binnehof)內舉行。本人代表協會出席。因為荷蘭政府及自來水界之大力支持，故 IWA 總部之大部分業務之運作，已從倫敦移轉至海牙，僅保留財務及出版之業務在倫敦，這亦是此次理事會在海牙舉行之原因。

本次會議除例行之會務報告外，另有兩項重要任務，其中之一為下任會長之改選，依規章會長由理事會選舉，任期兩年，連選得連任一次。現任會長 Dr.David Garman 於 2006 年 9 月就任，2008 時連任一次，任期至 2010 年 9 月到期。

新會長的候選人只有現任資深副會長 Dr. Glen Daigger 一人，Dr. Daigger 為美國著名工程顧問公司 CH2M Hill 之資深副總裁。在其簡短致詞後，主席徵求大家之意見，全體鼓掌通過其任命案，其任期將至 2012 年 9 月止。

本次會議另一重要議題為 2014 年世界水大會及展覽會(World Water Congress & Exhibition)主辦城市之決選。IWA 每兩年輪流在世界各區域舉辦世界水大會及展覽會，每次出席人數高達 2500 人，160 個參展廠商及高達 350 萬歐元之經費收入，對 IWA 之國際聲望及財務均非常重要。故對主辦城市之決定非常慎重。

上次 2008 年在維也納舉行之理事會決定 2014 年世界水大會將輪在歐洲舉行。隨後有比利時布魯塞爾、愛爾蘭都柏林、瑞士日內瓦、土耳其伊斯坦堡及葡萄牙里斯本等五個城市提案申請。在 IWA 總部進行書面審查及現地訪查後，日內瓦主動撤案，故共有四個城市成案。再經由 IWA Board of Directors 之討論，選出布魯塞爾及里斯本為入圍者。在投票之前主席請兩城市之代表分別以 15 分鐘之時間上台報告。隨後進行投票，結果里斯本以 21 票對 11 票勝出，成為 2014 年 World Water Congress 之主辦城市。

目前國際水協與其他國際組織如世界衛生組織(WHO)、亞洲開發銀行(ADB)等合作推行一些推廣計畫，如無收入水量(Non-Revenue Water)，飲水安全計畫(Water Safety Plans)及災害應變與復原(Disaster Response and Recovery)等。國內自來水事業相關單位如有需要可協助與國際水協聯繫引進相關資訊與技術。

結論：同意備查。

財務委員會報告：詳如議程書面資料(略)

結論：1.有關本會九十九年度事業計畫（工作綱要）及歲出預算案於提案討論時再

行審議。

2.餘同意備查。

編譯出版委員會報告：詳如議程書面資料(略)

結論：同意備查。

(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 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：遴聘大會籌備會幹部暨各組工作人員名單與各組人力配置暨經費預算，提請討論。
決議：通過。

編號 第二號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：籌備委員會工作計畫及計畫控管表，提請討論。
決議：通過。

編號 第三號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：擬訂慶祝大會典禮程序暨活動日程表，提請討論。
決議：1.通過。

2.增列論文獎頒獎。

編號 第四號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：知性之旅活動，參訪地點提請討論。
決議：照案通過。

編號 第五號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：自來水節慶祝大會國內外來賓邀請，國內貴賓部份敬請討論，國外貴賓擬建請自來水協會理監事聯席會研定。

決議：1.通過。

2.增列邀請臺北自來水事業處貴賓與本會理、監事。

編號 第六號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：有關專題演講擬聘人選，提請討論。

決議：通過敦聘國立成功大學黃副校長煌輝專題演講。。

編號 第七號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：慶祝大會及相關活動經費不足，擬請相關業界贊助廣告，挹注拮据財務，提請討論。

決議：通過，非常感謝業界的熱心支持。

編號 第八號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

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

決議：通過。

編號 第九號 類別 會務 提案人 第 42 屆自來水節慶祝大會暨第 16 屆第 4 次會員代表大會籌備委員會主任委員 蔡茂麟

案由：本次大會會員紀念品，請討論擇一決定。。

決議：經討論通過紀念品選購「太空曲線瓶」。

編號 第十號 類別 會務 提案人 諮議委員會 召集人 廖宗盛

案由：本會本(98)年度各項表彰案，經本委員會審議結果，詳如說明，提請審定，俾於本(98)年度自來水節大會典禮中頒獎表揚。。

決議：1.營運管理類謝堦煌經理表彰案(一級主管) 改為保留。

2.是否另行推薦表彰人選，授權 理事長、郭常務理事瑞華、祕書長研議決定。

3.餘照案通過。

編號 第十一號 類別 財務 提案人 財務委員會 主任委員 黃慶四

案由：為本會九十九年度事業計畫(工作綱要)草案及九十九年度歲入歲出預算草案各一份，提請審議。

決議：通過。

編號 第十二號 類別 會務 提案人 祕書長 許培中

案由：為勞工保險局於 98 年 4 月 17 日函本會自 98 年 5 月 1 日起適用勞動基準法，並為勞工退休金強制提繳對象，本會配合該項法令，作業之方式是否妥適，請討論。

決議：通過。

編號 第十三號 類別 會務 提案人 祕書長 許培中

案由：為訂定「中華民國自來水協會會議室場地使用收費標準」一則，是否妥適，請討論通過後實施。

決議：本案保留，惟須經常使用者，授權祕書長與之個案協商。

四、臨時提案： 提案人 國際事務委員會 主任委員 駱尙廉

(一)案由：IWA 會長、執行長多年來對我國在國際水界之權益維護不遺餘力，建議於本次亞太會議時頒發特殊貢獻獎以表達感謝之意。

決議：本案授權 理事長、駱主任委員尙廉、祕書長再予研議。

提案人 財務委員會 主任委員 黃慶四

(二)案由：原考量本會檢驗業務量減少，為擷節經費支出，鼓勵工作同仁休假，故本會九十八年度預算，原有不休假獎金項目未予編列經費。惟據本(98)年度本會實際檢驗及訓練業務量遽增，致工作同仁無暇休假，建議未休假者，擬恢復發放該項不休假獎金(總金額預計新台幣 305,553 元)，並併入本會本(98)年度決算辦理。

決議：通過。

五、散會：下午 4 時 20 分