

## 自來水會刊第 29 卷第 4 期目錄



### 特 載

- 2010年IWA工程革新獎簡介 ..... 范家瑋.....1  
臺北自來水事業處榮獲國際水協會「2010年工程革新獎」東亞區規劃組首獎  
..... 廖宗盛、許培中、陳曼莉、陳錦祥、楊境維、黃欽稜.....3  
漫談北水處漏水控制歷程..... 黃欽稜.....6  
2010年IWA蒙特婁雙年會參會報告..... 駱尚廉、葉宣顯、王根樹、李育輯、陳映竹.....19

### 實務研究

- 增闢台水營業外收益..... 黃敏恭.....28  
關鍵績效指標之理論與實務—台水績效管理制度之應用..... 陳福田.....36  
飲用水水質處理藥劑次氯酸鈉不純物品質管制項目增列溴酸鹽..... 江弘斌.....50  
用水設備表後工程設計圖委外審查工作效益評估..... 詹焜耀、許敏能、顧峻.....59

### 每期專題 特殊處理

- 薄膜單元於淨水場除鹽處理與反沖洗水回收之應用... 許倚哲、王郁萱、朱敬平、鍾裕仁.....66  
鳳山淨水場 ROT 營運操作成果 ..... 高滄君、陳佩足.....73  
以蘭州第一水廠黃河取水方式探討高屏溪攔河堰高濁度取水方案..... 林發恩.....80

### 一般論述

- 極端旱災衝擊下自來水有效因應之探討..... 朱健行.....84  
即時水質監測「多功能微型水質監測系統」..... 陳文祥、王瓊紫.....89

### 他山之石

- 東京都漏水防制對策..... 許培中.....97

### IWA 活動園地

- 國際自來水研討會訊息 ..... 編輯小組..... 101  
國際自來水瞭望台..... 范家瑋..... 102

### 協會與你

- 中華民國自來水協會第16屆理、監事會第16次聯席會議紀錄..... 106  
中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法..... 58

## 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 [cllin@mail.water.gov.tw](mailto:cllin@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](http://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**

葉宣顯、盧至人、張怡怡、蘇金龍、吳美惠

吳陽龍、陳曼莉、張廣智、李丁來(兼秘書)

**自來水會刊編輯部**

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：古蔡苓**

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

## 2010 年 IWA 「工程革新獎」得獎簡介

譯/范家瑋

2010 年國際水協會世界水會議 (IWA World Water Congress)於加拿大東南部的蒙特婁 (Montreal, Canada) 舉辦。由國際水協會頒發的「工程革新獎」(PIA, Project Innovation Award) 得獎名單也於會議期間頒

獎。得獎團隊依獲獎項目如下表所示：

各項得獎工程的詳細說明及 2010 年國際水協會工程革新獎的簡介，可自 PIA 的網站 <http://www.iwa-pia.org> 中查詢。

<b>Applied Research</b>			
Winner	<i>Variable Salinity Plant</i>	<i>PUB, Singapore's National Water Agency</i>	<i>Singapore</i>
Honour Awards	<i>Value-added products through the bioconversion of wastewater and wastewater sludge</i>	<i>Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Eau, Terre &amp; Environnement (INRS-ETE), Université du Québec</i>	<i>Canada</i>
	<i>Iron-Based Adsorbents and Related Technologies for the Simultaneous Removal of As(III) and As(V): Application for Drinking Water Treatment and Water Environment Remediation</i>	<i>Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences</i>	<i>China</i>
	<i>Patented Gaseous Electron Donor Injection Technology (GEDIT) for In Situ Biodegradation of Perchlorate and Nitrate</i>	<i>CDM</i>	<i>USA</i>
<b>Design</b>			
Winner	<i>Western Corridor Recycled Water Project</i>	<i>WaterSecure</i>	<i>Australia</i>
Honour Awards	<i>Marina Barrage</i>	<i>CDM and PUB, Singapore's National Water Agency</i>	<i>Singapore</i>
	<i>Sustainable Drinking Water Production: Recovery &amp; Use of Water-Based Methane</i>	<i>Vitens / Royal Haskoning</i>	<i>The Netherlands</i>
<b>Operations/Management</b>			
Winner	<i>The Manila Water Experience – Reducing Manila's Water Losses Through a Multi-Pronged Approach</i>	<i>Manila Water Co. Inc.</i>	<i>The Philippines</i>
Honour Awards	<i>Creating Premium Seoul Tap Water – From "Clean &amp; Safe Water" to "Tasty Water"</i>	<i>The Office of Waterworks, Seoul Metropolitan Government</i>	<i>Republic of Korea</i>
	<i>COWAMA (Coastal Water Management)</i>	<i>CLABSA (AGBAR)</i>	<i>Spain</i>

<b>Planning</b>			
Winner	<i>Gold Coast Water's Four R's Project – From Vision to Reality</i>	<i>Gold Coast Water</i>	<i>Australia</i>
Honour Awards	<i>Zhangjiagang Free Trade Zone Sembcorp Water Co. Ltd. - An Integrated, Energy Saving, Zero Liquid Discharge And Sustainable Wastewater Treatment/Reclamation Project</i>	<i>Zhangjiagang Free Trade Zone Sembcorp Water Co. Ltd.</i>	<i>China</i>
	<i>Taipei Water Department Leakage Control and Management by DMA</i>	<i>Taipei Water Department</i>	<i>Chinese Taiwan</i>
<b>Small Projects</b>			
Winner	<i>Ice Pigging Technology to Clean Potable Water Mains</i>	<i>AGBAR</i>	<i>United Kingdom</i>
Honour Awards	<i>The Development and Application of Innovative High Speed Biological Groundwater Treatment Technology</i>	<i>Nagaoka International Corporation</i>	<i>Japan</i>
	<i>Downtown Scottsdale Booster Station 179</i>	<i>GHD Inc.</i>	<i>USA</i>
<b>Superior Achievement Award</b>			
Winner	<i>Western Corridor Recycled Water Project</i>	<i>WaterSecure</i>	<i>Australia</i>

為了表達對全球各地優良水務建設與創新的支持與鼓勵，國際水協會特別於 2006 年創立了工程革新獎。這每兩年頒發一次的獎項以國際水協會推動全球水務發展的目標為宗旨，為世界各國的水務專業人員提供一個交流的平台，期待能拋磚引玉，帶領出更有效且更能夠永續經營的水資源管理辦法。這次所有提交進入甄選的計畫皆以下列的審核標準進行評審：計畫本身的原創性及是否以創新的技術運用科技、對未來工程專業的啟發與價值、該計畫的設計及規劃對社會環境/經濟/和永續性的考量、個案本身的複雜度及難易度、以及達到客戶需求/預期的程度。

各國提交至 2010 年工程革新獎的案件係各自於下列四個地區進行初選：亞太地區、東亞地區、歐洲地區、及北美。各地區的優勝者及榮譽獲獎人已於今年稍早在以下三地舉辦的頒獎儀式中宣布：歐洲選區 - 5 月 10 日於巴塞隆納；東亞選區 - 6 月 4 日於上海；亞太選區 - 6 月 30 日於新加坡。

而美洲選區的頒獎典禮則是透過美國環境工程師學術協會 (AAEE, American Academy of Environmental Engineers) 舉辦。

所有地區的優勝者及榮譽獲獎人都將晉升至下一階段的甄選，與其他入選者於五項分類中共同角逐 PIA 全球首獎。總得分最高的全球首獎獲獎者將榮獲最高成就獎。全球工程革新獎獲獎名單假世界水會議期間於 9 月 22 日在加拿大蒙特婁的自然科學館宣布。

本屆的工程革新獎是由北京首創股份有限公司 ([www.capitalwater.cn](http://www.capitalwater.cn))、Black & Veatch ([www.bv.com](http://www.bv.com))及多家水務管理顧問公司 GHD ([www.ghd.com](http://www.ghd.com))、KWR ([www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl))、Malcolm Pirnie ([www.pirnie.com](http://www.pirnie.com))、日本那賀株式會社 (Nagaoka International Corporation, [www.nagaokajapan.co.jp/eng/](http://www.nagaokajapan.co.jp/eng/)) 以及 SKM ([www.skmconsulting.com](http://www.skmconsulting.com)) 共同贊助。

(摘譯自 International Water Association, Media release, 范家瑋)

# 臺北自來水事業處榮獲國際水協會 「2010 年工程革新獎」東亞區規劃組首獎

文/廖宗盛、許培中、陳曼莉、陳錦祥、楊境維、黃欽稜

世界最大的水協會組織-國際水協會 (International Water Association, IWA) 設立「工程革新獎」(Project Innovation Award) 的宗旨，是為了使全世界水相關業務管理能獲得有效及持續的發展，並建立該領域之專業交流平台，每 2 年選拔表彰世界各地於技術、研究、設計、規劃、營運管理等各領域具有卓越貢獻之優秀水務機構及相關民間企業，並分為東亞、亞太、北美及歐洲等四個地區。由於名額有限，過去兩屆得獎者皆為先進國家或國際性知名企業，例如韓國三星電子(Samsung)等，門檻甚高。

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）首次以「小區計量工法執行漏水防制與管理」為專題，報名 2010 年 IWA 該獎項選拔，即榮獲東亞區規劃組首獎如圖 1。除了充分肯定北水處推動全方位漏水防制及發展小區計量技術外；能在眾多國際知名大型公民營機構激烈競爭下脫穎而出，且成為臺灣自來水界有史以來唯一獲得的國際性大獎，更屬難能可貴。

受全球氣候變遷影響，加上環保意識抬頭，在開發新水源日趨困難的情況之下，節流越顯重要，減少無計量水費 (NRW) 乃目前全世界自來水各事業體最重要課題之一。回顧北水處自 2003 年起，陸續推動各項供水管網改善，預計投入超過新台幣 230 億元，全面汰換老、舊、漏管線。此外，率先於國內推行「小區計量」工法，藉由裝表計量評估小區的漏水情況，挑選弱點及漏水嚴

重區域，搭配前述管網改善計畫及水壓管理、提升修漏效率與品質等多項主動漏水管控措施，以提升改善效益，並評估計劃投資報酬成效。

目前，北水處已完成超過 500 個小區規劃，並持續進行後續改善作業。統計自 2003 至 2009 年，管線汰換長度超過 1,000 公里(約繞行臺灣一周距離)，管線年汰換率從 1.60% 逐年提高至 2.69%，均超越 IWA 建議之 1.5% 的標準；2009 年相較於計畫執行前(2001 年)，全年整整減少一億噸的原水取水量，約 1/4 座的翡翠水庫的儲水量。同時，漏水率亦由 2002 年之 28.44% 降至 2009 年之 22.03%，並朝向 114 年漏水率降至 10% 的目標邁進。

本協會於去年(2009)底所舉辦國際水協會亞太地區年會暨展覽會 (IWA-ASPIRE Conference & Exhibition)，北水處於會中所發表「由流量訊號分析漏水量的機率原理與應用 (Analyzing the Leakage of System from Flow Signals by Probability Approach)」論文，獲得該會最佳論文獎，亦為臺灣地區自來水事業單位唯一獲獎者。另外，亞洲開發銀行、IWA 及國際開發署 (USAID)，今年 5 月於馬尼拉合辦「2010 水連結論壇」(2010 Water Links Forum)，邀請全球 50 位水務專家，建立全球水事業合作網絡關係。北水處由陳副處長曼莉率員赴會，與來自越南、泰國、斯里蘭卡等國家之水事業代表，就漏水防治、水質管理、顧客服務等領域，提供水處近年來之績

效與經驗，這是我國自來水事業有史以來第一次對外國之技術輸出。

放眼未來，我們有信心將臺灣推向國際自來水舞台，恭賀臺北自來水事業處獲獎，更期盼今年 9 月於加拿大蒙特婁之年會能夠更上一層樓，代表東亞地區獲得全世界性規劃獎項。

### 後記：

本次頒獎典禮於今年 6 月 4 日在中國上海舉行，由廖理事長宗盛率許秘書長培中參加，北水處由陳副處長曼莉率陳總工程司錦祥、楊工程司境維及黃工程司欽稜代表領獎，會中不但與主辦單位國際水協會及中、日、韓、香港、澳門等自來水單位密切互動，並利用這次機會，另外安排參訪上海浦東威立雅自來水公司(Shanghai Pudong Veolia Water Co.) 的營運中心 (Control Center) 及南京二熱燃煤電廠淨水處理場，照片 1~4。

2002 年法國威立雅集團收購上海浦東自來水公司 50% 股權，以「公共服務運營商」之方式，共同經營浦東地區自來水事業。本次所參觀「上海浦東威立雅自來水營運中心」，於 2005 年 1 月 28 日正式啟用，其設立之目的，為統合水質、監控與客戶服務等三大部分之所有資訊，提供全方位整體性服務；特別是於「2010 上海世博會」期間，該中心負責展覽會場自來水供應之重責大任，除了使用臭氧及活性炭之高級處理水提供會場使用外，同時透過自主研發之 SCADA 系統，將各項管網監控資訊加以整合，以即時動態方式回傳至監控中心，並結合地理資訊系統 (GIS)，工程師可由此系統掌握本次世博期間展覽區水質、水壓及水量等各項管網即時資訊，24 小時監控並回饋修正，讓本次世博期間展覽區供水得以量足穩定。此

外，接待人員王副經理雪峰進入浦東威立雅公司雖然尚未滿十年，但熟稔該公司產、供、銷等各相關資訊且能夠全方位掌握，令人深感欽佩，亦對法國威立雅集團能利用在地人才進行培訓以及對於管理階層培養的用心，留下深刻印象。

南京二熱燃煤電廠淨水處理場利用專利之「星形混合絮凝池」，利用無動力設施方式，以多重隔板之水力原理，取代傳統之混合池及膠羽池，而達到最佳之混凝效果，並可節省約一半之用地面積。目前上海自來水技術就如同市區的建築一樣快速發展而日新月異，頗值得國內同業借鏡。

### 作者簡介

#### 廖宗盛先生

現職：中華民國自來水協會理事長

專長：自來水事業經營與管理

#### 許培中先生

現職：中華民國自來水協會秘書長

專長：自來水事業經營與管理

#### 陳曼莉女士

現職：臺北自來水事業處副處長

專長：自來水事業經營與管理

#### 陳錦祥先生

現職：臺北自來水事業處總工程司

專長：自來水事業經營與管理

#### 楊境維先生

現職：臺北自來水事業處副工程司

專長：管線工程設計與施工、小區計量

#### 黃欽稜先生

現職：臺北自來水事業處副工程司

專長：小區計量、數值分析



圖 1 北水處榮獲 2010 IWA 工程革新獎



照片 3 頒獎典禮中與國際水協會秘書長 Paul Reiter 餐敘



照片 1 2010 IWA PIA 東亞區頒獎典禮受獎照片



照片 4 上海浦東威立雅自來水公司營運中心參訪



照片 2 2010 IWA PIA 東亞區頒獎典禮會場

# 漫談北水處漏水控制歷程

文/黃欽稜

## 一、前言

一般人都聽過「醫生怕治嗽、師傅怕抓漏」的俗諺，其實，要有效控制漏水，對於世界各國而言都是難度相當高的問題。由於臺灣降雨在時間及空間上之分佈極不平均，每人年平均可分配的水資源僅為世界平均值的 12%，列為第 18 位缺水國家，因此漏水控制更顯重要。有鑑於此，臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）對於自身管網的漏水情況也採取了必要的措施，其改善漏水的手法，除了逐年降低漏水率，更獲得 2010 年國際水協會（IWA）工程革新獎，是我國自來水事業史上在漏水防制領域第一次獲得之殊榮。

## 二、改善管網漏水—安然度過乾旱危機

在 2002 年時，乾旱造成大臺北地區缺水，分區供水的痛苦讓許多臺北人仍記憶猶新，因為北水處只有新店溪單一水源，原本風險就比較高，但追根究底，除了旱災之外，臺北的管網系統老化，造成當時高達 28% 的漏水率，也要負部分的責任。所以，從那時開始，北水處就決定要降低漏水率，希望能在 20 年內把漏水率降低到 10%，更有效率地運用有限的水資源。

漏水率影響有多大？其實去年一到七月翡翠水庫的雨量與 2002 年同期是一樣的，但臺北市非但沒有缺水，還有多餘的水支援臺北縣，讓整個大臺北地區都沒有缺水問題，其中的關鍵，就在於漏水率從 28% 降到

22%，如圖 1。

年	翡翠水庫降雨量(mm)	漏水率%	日配水量(萬噸)	日支援量(萬噸)
2002	1313 (1月-7月)	28.44	242	26
2009	1325 (1月-7月)	22.79	215	39
差異	+0.9%	5.65百分點	-27	+13

圖 1 同樣的旱象因為漏水減少，臺北不再缺水

因為乾旱缺水的警惕，北水處從 2003 年開始推動漏水改善中、長程計畫，並以「小區計量」評估「管網改善」施作成效，平均一年汰換 160 公里的老舊管線，除了可防止漏水的發生，更讓管網水壓明顯改善，更確保水質安全。八年來，共計改善了逾 50 萬用戶的供水管線。因為抽換老舊管線，漏水變少了，比較 2002 年同期，2009 年轄區每日配水量減少 27 萬噸，讓原本管網會漏掉的水保存在水庫中，因此能度過 2009 年的乾旱危機。

也正因為這八年「治漏」的成果，使得北水處獲得 IWA「2010 年工程革新獎」東亞區規劃組首獎及全球榮譽獎，並在今年五月受 IWA 邀請出席東南亞地區的水連結論壇（Water Links Forum），擔任指導者，提供相關技術協助亞洲城市的自來水事業體。因為 IWA 是全世界最大的自來水組織，能在千餘個會員中，受到 IWA 重視，脫穎而出，對於北水處而言，是相當大的肯定。

## 三、管網體質不良—治漏困難重重

來自國際的肯定，是北水處「逆境中求突破」的重要里程碑。事實上，降低臺北管網的漏水率十分不容易，北水處在計劃執行之初並沒有十足把握能控制漏水，因為臺北



的管網問題是一個累積七十年的「歷史共業」。

臺北自來水管網的雛型是 1940 年代由日本人建立，主要集中在艋舺、大稻埕和臺北城周邊，大約能服務 40 萬人。戰後為了滿足激增的人口與用水需求，當時的臺北水廠只能不停擴張管線系統，追趕不斷增加的需求如圖 2。到了 1980 年代晚期，管網已經擴大十倍，而且許多原本在地上的線路如電力、電信於 1990 年代開始逐漸埋入地下，再加上瓦斯、污水、雨水、光纖等線路，整個地下管線十分擁擠，水管埋設已經亂了章法，當時使用的水管材質也不甚理想。這段「追趕需求」的歷史中，臺北幾乎將所有的人力經費投入系統擴充、增加出水量，至於管線老化漏水問題以及管網更新的工作，根本無暇顧及。

急遽擴張下的管線問題叢生，圖資不

明、管網不健全、線路漏水等狀況逐漸浮現，到了 2002 年大乾旱終於讓臺北嘗到缺水的苦澀，於是，北水處下定決心解決這個「歷史共業」。然而，此時北水處的供水管網已經長達 6500 公里，拉直後甚至比地球半徑還要長。而且這些管線分佈在 480 平方公里轄區內，其中住有 380 萬人，約 1/6 的台灣人口，而每天宅配到家的水有 250 萬噸。臺北的管網是全臺灣接水密度最高的，管線材質最複雜，管齡分布最廣，工作負荷最重，服務人口最多，也就是說，要重整問題管線、治漏防漏，是非常龐大的工程。

這個工程有多困難？考慮城市道路挖掘的忍受程度，以及北水處理設管線的極限能力計算，一年汰換管線長度不超過 170 公里，雖能由臺北連到彰化，但只占管網總長度的 2.6%，換言之，如果缺乏重點、沒有目標的汰換，必須要 38 年才能換完一輪，到時候最

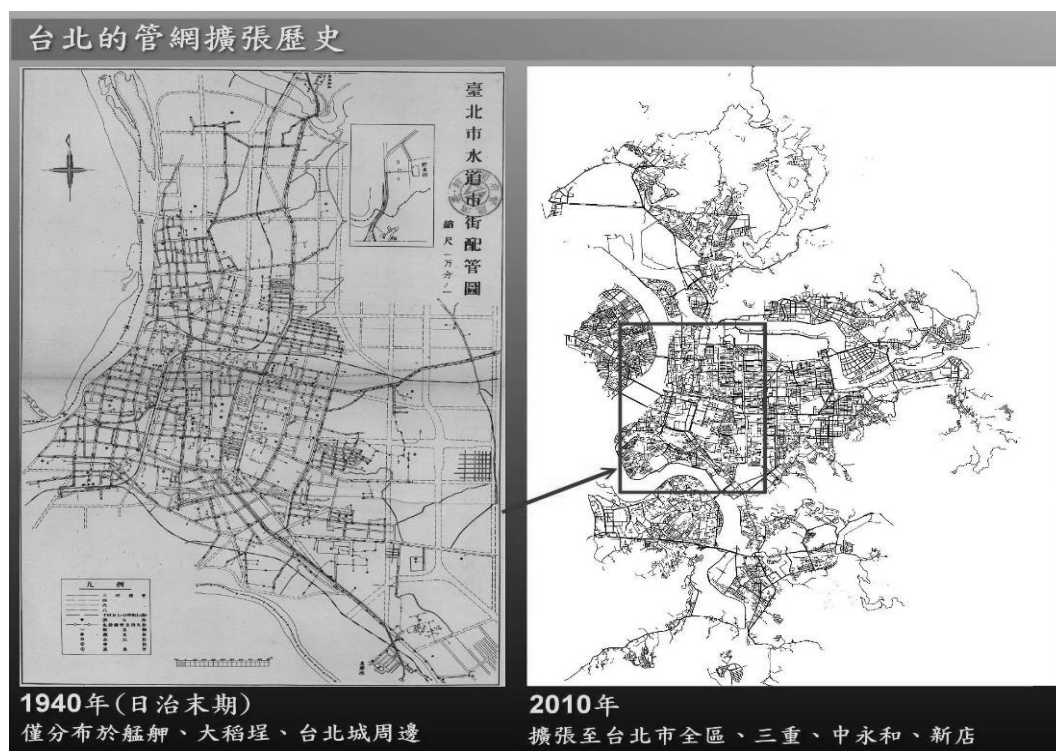


圖 2 臺北管網七十年來不停擴張

早換的管線也早就開始漏水了。而且，由於管線都深埋在地下，到底那裡漏得嚴重也看不出來，包商施工後，如果沒有評估機制，也無法掌握施工品質。

由於缺乏有效的治漏經驗，不知怎樣做比較好，於是，北水處一開始向日本取經，戰後他們的漏水率一度高達 60%~80%，經過 50 多年的漏水控制，許多日本都市的漏水已經在 10%以下了，東京甚至只有 3%。他們多半採用小區管網的方式，逐區檢測抓漏，把漏水控制的很好。我們希望直接套用日本的技術，於是，請來了日本的專家協助小區劃設作業。沒想到，他們竟然無法順利規劃。「我們管線的圖跟地底下的實況，完全不一樣。」北水處南區營業分處工程司張正忠說，「由於日本戰後就很重視都市計劃，所以管線的圖很精確，而臺北新舊管線混雜，從前的圖資有時候並沒有隨施工更正，因此情況非常難以掌握。」

另外，日本常用「聽音抓漏」來控制漏水，因為日本的管線水壓較高，漏水時會有很明顯的噴射音，但是臺北的水壓較低，漏水聲不明顯，很多「滲漏」根本測不出來。因此，在臺北用單靠修漏的手段是無法降低漏水率的。

#### 四、發展適用本土的技術—摸著石頭過河

各地自來水事業的自身狀況不同，他國的成功模式甚難直接套用，因此將日本的經驗直接複製引進，會發生水土不服的狀況，並不是他們的技術不可靠，而是兩地的基本特性差異太大。

既然日本請來的師傅抓不出臺北的問題，北水處只好自己從頭來。究竟北水處應該採用怎樣的模式呢？在參考 IWA 的漏水控制四大主軸後，北水處決定「主軸」採用 IWA 的理念，但「細節」則一邊做一邊試，且戰且走，由嘗試錯誤中逐漸摸索出最適方案。這一段「摸著石頭過河」的歷程，真是跌跌撞撞，但多虧同仁的天賦與努力，北水處也逐漸發展出適用於臺北的技術。

##### (一)以汰換管線為主—用小區計量來考核

北水處做了試驗，用三個小區管網，一個靠檢修漏，一個換逾齡水表，最後一個換管線，我們發現只有汰換管線的那一個小區能夠大幅降低漏水率。而汰換管線卻又是最昂貴的方法，所以北水處決定在 IWA 四大主軸中加入「小區計量」作為考核的工具，如圖 3 所示。

「小區計量」就是將管網分割成許多小區塊，其周邊相連的水管都關閉，只留一處進水點，並在進水管安裝大型水表。只要比較大型水表的進水量跟小區內用戶的用水量，就可以知道這個小區裡面漏水的問題是否嚴重。說穿了，小區計量就像學生的期中考，有考試才能評量他的學習是否有成效，如圖 4 所示。

國內外的管網汰換工程都有這樣的經驗：包商施工完，馬路鋪平了，預算好不容易消化完畢，工程款也領走了，但管網仍然有漏水，業主變成冤大頭！因此北水處強制規定管線汰換都要落在小區內，給施工單位定期的「考試」，如果施工完畢，小區內的漏水率沒有降到 10%以下，他們必須回頭把問題解決。

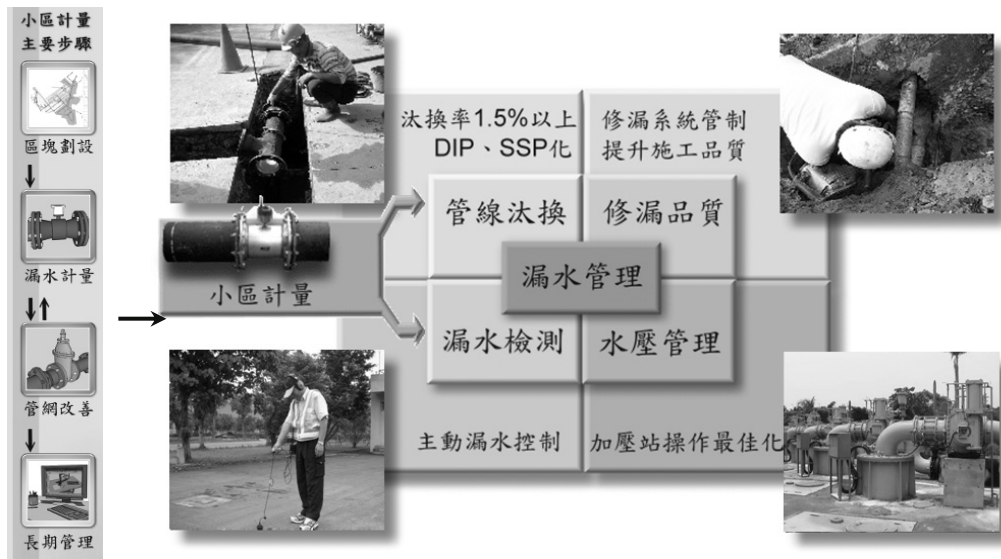


圖 3 北水處採用的漏水管理四大主軸與小區計量

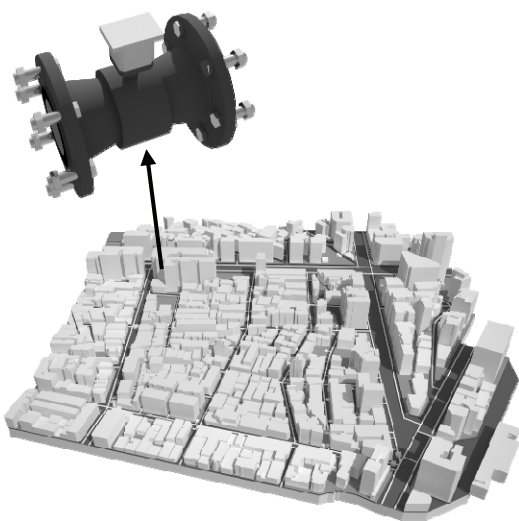


圖 4 北水處以小區計量評核管線汰換

為了避免計算漏水率時球員兼裁判，防止施工單位造假數據，北水處進行計量的人與施工的人是來自不同單位的，而且北水處有五個營業分處在施工，每季成績結算後就會產生排名，排名殿後者壓力很大，這樣的機制會讓彼此有良性競爭，主動把工作做好。

北水處為了使施工後的小區能夠於長久維持，延後漏水復發，不惜重金採購不鏽鋼管，因為近十年的修漏紀錄顯示，漏水約

九成五發生在給水管，這些給水管的漏水又有七成五發生在塑膠管，因此小區內已全面禁止使用塑膠管，甚至把不鏽鋼管的埋設百分比當作控管項目。又因為北水處與東京的不鏽鋼修漏紀錄有九成是發生在接頭的，所以今年起，更全面採用不鏽鋼波狀管，以減少接頭使用量。

IWA 曾建議，如果要使管網的漏水不致於惡化，每年必須汰換 1.5% 的管線，而北水處從 2003 年起，每年都超過此值，近 3 年更是達到 2.6%，施作長度逼近每年 170 公里，有了這樣的汰換長度才有機會讓漏水率逐年下降。

### (二)使用全線開挖—清除盲腸管

推動小區計量的初期，常常發現施工完成之後，小區的漏水率沒有下降，有些甚至不減反增，挫折感很重。工程師所使用的材料是最新的，管線銜接作業也沒問題，究竟問題出在哪？

追根究底，原來是「盲腸管」與「施工態度」造成的。

盲腸管，是建物改建、水表拆除後所殘

留的給水管，以往拆除水表後，因為有時挖不到給水管源頭，所以只在基地的水溝邊把給水管末端塞起來，而這根水管源頭仍連著配水管，管中仍有水壓，形成一端封閉的盲腸管，隨著臺北的發展，建物不斷拆建，留下為數可觀的盲腸管。有些盲腸管歷史悠久，材質劣化，不停滲漏。而且修漏工人也難以分辨漏水管線是否為盲腸管或是使用中的水管，所以一修再修，如圖 5。

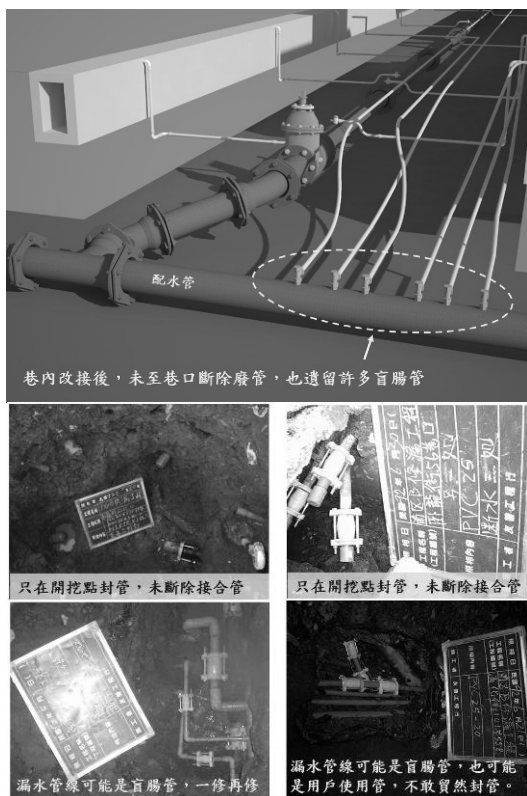


圖 5 臺北市的歷史因素造就了盲腸管

理論上，在汰換配水管時，因為可挖開看到所有給水管的根部，應該可消除盲腸管。但是北水處的接水密度高，一條巷子的配水管常常接了數十支給水管，如果水表又多，工人根本分辨不清楚哪根是盲腸管，往往把所有給水管的根部全部接上，導致施工完畢之後，盲腸管仍存在，而且還換了新的接合管，當然讓漏水降不下來。

工人會把所有管子全部接上的施工態度，其來有自，因為如果有一根給水管沒接上，而這根正好是使用中的給水管，用戶晚上無水可用，隔天申訴後，長官必定嚴厲責罵，因此沒有人願意冒險漏接管線，縱使他們懷疑這根管子是盲腸管。

找到問題的根源之後，北水處領導群開始改變態度，當漏接導致用戶抱怨無水時，立即統一由總務科派車送水，或由鄰近水表分接應急，隔日再改接新管，不再責備施工者，更鼓勵工人勇於斷除可疑管線，寧可漏接而不濫接，有事情長官來扛。

當小區內的配水管尚未逾齡，無須汰換，但這根配水管可能於過去埋設時，曾經誤接了盲腸管，所以北水處更進一步使用「全線開挖」，沿著配水管挖開檢查，斷除所有給水管根部，再核對道路兩旁的水表，依照水表數量重新安裝新的不鏽鋼給水管，務必安裝到水表，同樣不濫接來路不明的給水管線。利用這樣的方法，消除盲腸管最有效，幾乎每個小區於施工完成後都可以把漏水率降到個位數。

### (三)改良計量技術—分段檢核施工

雖然利用小區計量可以檢核施工品質，但小區的規模仍太大，必須施工半年至兩年才能完成，如果完工後計量發現售水率不如預期，究竟哪個地區沒做好，想回頭找原因都很困難。尤其每個營業分處每年手上都有十來個小區同時施工，如果到了年底才能同時計量一次，萬一太多小區不如預期，那這一年豈不是評比殿後了嗎。當這樣的小區累積愈來愈多，最後將變成陳年不良小區，形成分處永遠卸不下的包袱。

因此，北水處要求每個小區於規劃時必



須再細分幾個「次小區」，在某個次小區的施工完成時，立即計量它的漏水率，如果改善成效不如預期，起碼問題範圍較小，找問題不會大海撈針。為了能夠精確鎖定次小區的真正問題點，工程師甚至採用了「逐巷計量」法，利用可攜式流量計由外部消防栓引水通過流量計，再灌入巷內管線，並關閉所有用戶水表，如果流量計仍有流量，那就是這條管線的漏水了，問題巷弄也被鎖定了。以「次小區」分段檢核施工成效如圖 6。

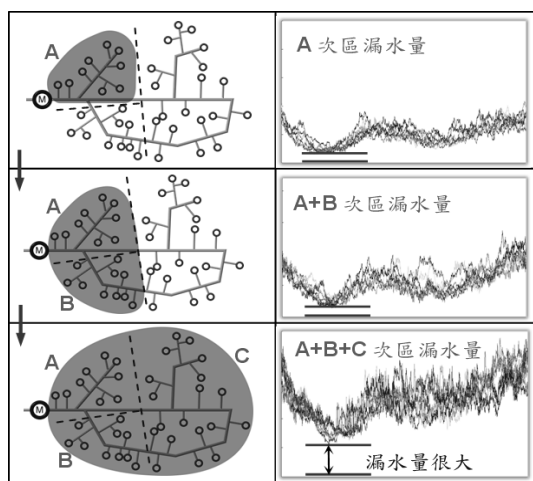


圖 6 以「次小區」分段檢核施工成效

起初所有的計量都是透過傳統的「抄表法」，以抄用戶水表、流量計的度數來計算小區管網的漏水情況，這種方法很簡單，但是抄表人力成本高，而且小區內的民眾除了被施工影響作息，更是三不五時被抄表人員打擾，造成民怨，後來次小區的計量幾乎都採用「夜間最小流」來評估漏水，只要下載流量計的訊號，即可分析次小區的漏水量，又快又方便。也可擷取水費系統過去用戶使用度數，代替用戶表的實際抄讀，減少擾民次數。為了使夜間最小流法更為準確，才華洋溢的同仁們更研發「機率法」，讓漏水的評估更逼近真實值。

以上總總的方式都是為了提升施工品

質，讓不同廠商的表現能即刻被量化，漏水數據的體檢效果比起過去勾稽品管檢核表好太多了，因為埋在地下的水管是看不到的，品管表常常是亂寫的，只有漏水率是實在的。如果某廠商以往做過的小區都是漏水率高，難以收尾，那毫無疑問，這家廠商的施工品質是劣等的。

#### (四)分析管網弱點—由最糟的區域先做

一開始，北水處送去市政府的漏水改善計畫，是 30 年把漏水率降到 15%，但是這個版本無法被接受，時間太長了，後來被迫改成 20 年內降到 10%。雖然，利用管線汰換搭配小區計量，可以把每個小區的漏水率都降至個位數，但是北水處的管網如果全部劃成小區，大約有 850~900 個，而每年只能改善完成 30 個左右，這樣算來，是不可能在 20 年內完成計畫的。

如果可以找出管網內體質比較差的區域，漏水率高於他處，並將人力資源投入這些區域，優先劃設小區，把最糟的水管先換掉，這樣就可以提高執行效率，並且把每分錢都花在刀口上，所以北水處著手分析整體管網的弱點，利用 GIS 內的八種主要管材分佈為基礎，以歷年修漏頻率為權重，並考量盲腸管分佈趨勢，疊加出「管網漏水潛能圖」，製作原理如圖 7。

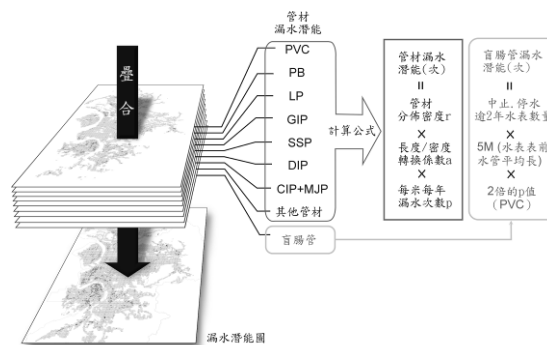


圖 7 漏水潛能圖製作原理

找出了這些弱點區，將之分類為三級，最糟的一級戰區列為最優先，三級以外的原則暫不予施工。這些弱點區的平均漏水率粗估高達 55%，由於範圍較小，可以在 19 年內汰換完畢，並且把整體漏水率降低至 9%。

有了弱點分析的技術，讓北水處更能鎖定優先區域，不再像無頭蒼蠅，四處亂劃小區而分散了火力，也讓執行單位更有信心能夠如期完成計畫，漏水潛能圖如同一張戰略圖，提供了 20 年管改計畫的長程指導方向北水轄區的漏水潛解圖與優缺先汰換區域如圖 8。

#### (五) 採低水壓政策—並使壓力均勻

水壓管理向來是窮人的法寶，因為水壓低，漏水就少，只要減少管網壓力，即可輕鬆坐享低漏水率。國際間，尤其是東南亞各國，因為缺少汰換管線的資金，他們找來的漏水控制專家們，第一件事，就是減少泵站出口壓力，不然就是四處設置減壓閥，讓高地配水池流到管網的壓力減低。雖然水管仍然有破漏，管網體質沒改變，但起碼既有的破洞漏水量變少了，頗能收立竿見影之效。

前面說過北水的管網體質不良，但究竟多差呢？事實上，過去北水處上自長官，下至員工都不認為自身管網差，雖然有漏水，但沒那麼嚴重，主要是因為用戶水表不準、慢轉，導致管網內用水量被嚴重低估，使得漏水率被錯誤地高估了。因此 2000 年~2001 年北水處在這樣的想法下，決定提高整體水壓。這一加壓，管網漏水卻大幅增加，超出預期很多，完全符合英國的研究：當漏水對於壓力愈敏感，代表管網體質愈糟。在這個「昂貴」的實驗之後，證明了北水管網體質不佳，是不能享受高水壓的，因此決定採用

低水壓政策，並沿用迄今。

想要讓管網水壓變低，減少並聯水泵數量是最簡單的方法，也就是「減台」，尤其是凌晨兩點至四點用水離峰期間，水壓最高，實施夜間減台，除了節省能源又可減少漏水，更沒人會抱怨水壓不足。但是這樣僅僅考慮了壓力在時間軸的一維變化，而壓力在空間軸的二維分佈卻沒有考慮到：泵站出口管線附近的壓力大，遠離泵站的管線末端壓力小。如果這樣的壓力遞減過大，很容易發生前端猛加壓，管線破漏加劇，然而末端用戶仍水壓偏低，甚至只有凌晨離峰期間才有自來水。

北水處過去以人工加台減台的經驗法則，並無法讓管網壓力在時間與空間上都獲得均勻，而且加台的瞬間，泵馬上全力運轉起來，壓力突增，對於脆弱的管網更是嚴重衝擊。所以，北水處採用了變頻器，可讓泵緩緩增減轉速，輸出壓力較為平順如圖 9，並以末端壓力訊號傳回泵站，當末端壓力變低，變頻器就讓泵提高轉速，這樣稱為回授控制。此外，對於距離泵站較遠的管網末端，泵站能力所不及之處，則設置小型管中加壓泵，就地彌補遠端水壓。讓壓力在空間上能分布均勻。

除了前述「出口端」的壓力管理法，北水處也重視「用戶端」的壓力管理。過去用戶進水幾乎不被限制，但如果大家正好在尖峰時間同時進水，會使得下游端用戶的水壓變低，甚至無法進水。因此北水處研發用戶端小型四合一持壓閥，裝設後，可限制用戶在尖峰期間的進水量，維持下游管網之最適末端壓力。使得管網的壓力在空間中呈現更為均勻的分布，如圖 10。

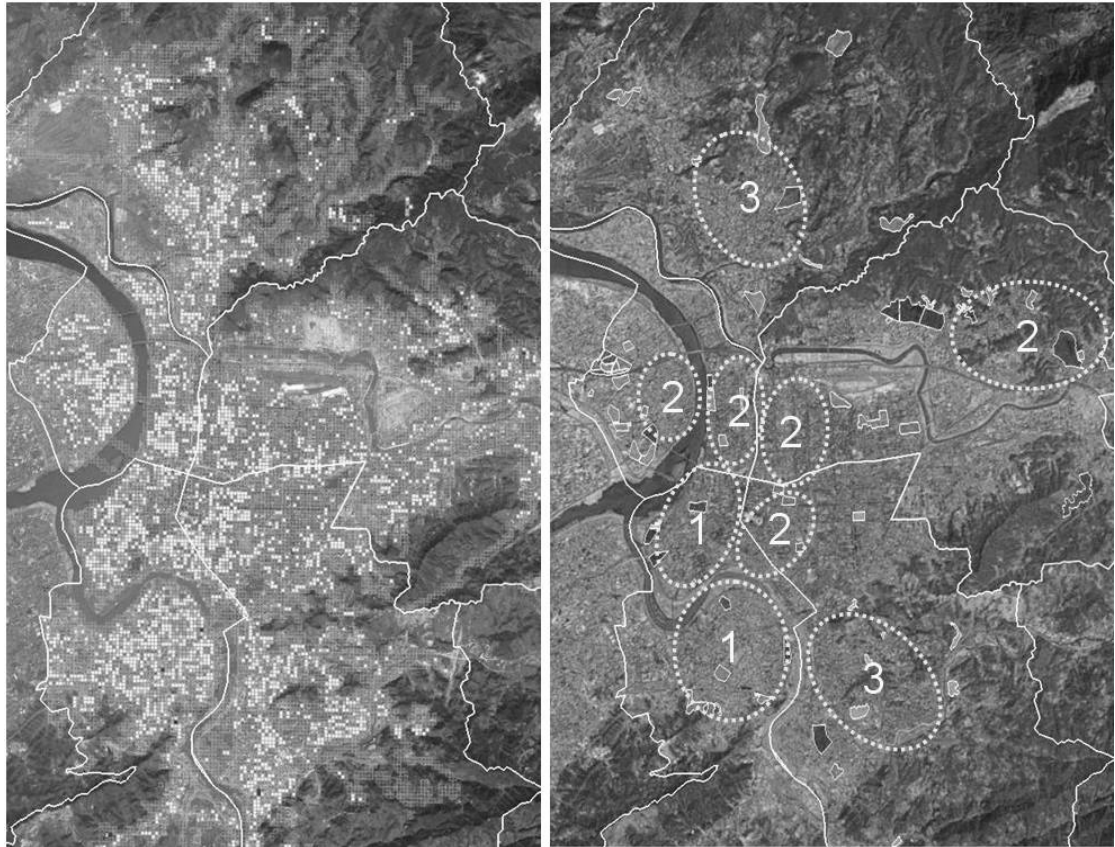


圖 8 北水轄區的漏水潛能圖（左）與優先汰換區域（右）

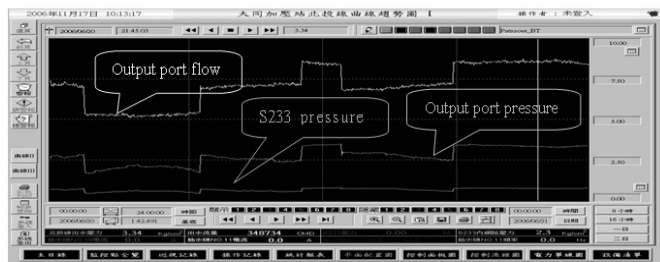
遠端壓力管控



變頻器



加壓站



未設變頻器之加壓系統（管網常遭受突增壓力衝擊）



使用變頻器之加壓系統（壓力平緩）

滿足管末端用戶水壓，提升供水品質，並降低系統衝擊，延長使用壽命

圖 9 北水處採用變頻器及回授訊號控制加壓泵站，讓輸出水壓較為平緩

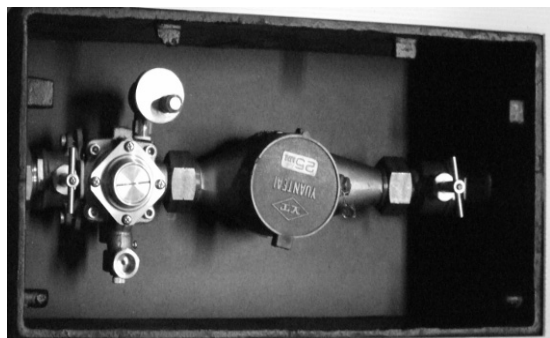


圖 10 表後四合一持壓閥，分散用戶進水時間，讓管末壓力更為穩定

### (六)漏水檢修—不能停的治標工作

北水處把管線汰換幾乎全部投入小區內，所以小區的漏水可以明顯下降，但是，目前施工完成的小區面積僅佔十分之一，而小區以外，汰換管線還未實施的區域佔了十分之九，面積廣大，如果想要避免漏水加劇，在這樣大的面積內，在管線汰換實施前，只能用漏水檢測與修理的傳統工具。雖然漏水檢修僅是個治標的工具，如果停了下來，在小區外，大面積的漏水將急遽惡化，甚至侵蝕掉好不容易降下來的整體漏水率。

因此，漏水檢修，仍然為北水處漏水控制重要的項目。因為北水處採用低水壓政策，這讓測漏的師傅很難聽音辨位，尤其是「滲漏」類型的漏水，由於測不出，通通變成「隱藏漏水」，修也修不到，這點真的莫可奈何。至於噴射音明顯的大漏水，是可以測出來的，每年約可測出五千多件，如果再加上已經流出路面，被員工或民眾通報的漏水，我們稱為「外顯漏水」，每年共有一萬件左右，對於這些能夠掌握的「外顯漏水」，北水處要求包商速修，並以電腦系統控管其「一日修妥率」，作為績效指標，不讓這些漏水擺太久，因為這些漏水是一年 365 天，一天 24 小時不停歇的，更會導致整體漏水

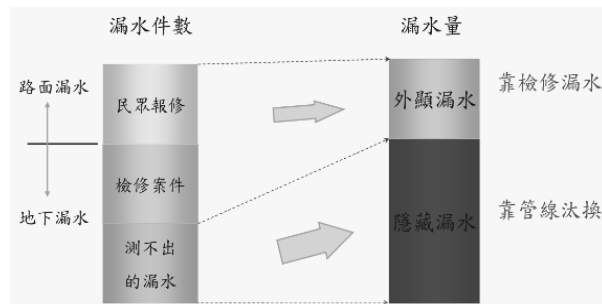


圖 11 外顯漏水的抑制仰賴傳統檢修

控制成效付之厥如，如圖 11。

北水處的漏水約有九成五發生於給水管，雖然配水管的漏水件數少，但配水管壓力高，管徑大，每個漏水都是大量的，配水管一處漏水可以抵過給水管十處漏水。由於大口徑配水管埋得比較深，長久以來，配水管的測漏甚難執行，而且過去台北盆地灌溉渠道縱橫，目前多已加蓋或改成涵管，許多大漏水都流到這些渠道內，不往上竄，以至於馬路上不易發現漏水，也就修不到了。所以「大管檢測」勢在必行。

由於傳統路面聽音的方法測不出大管的漏水，北水處只好四處搜尋國外大管的測漏法，包含相關式、氮氣、透地雷達、超音波、侵入式…等等，但許多方法在臺北仍然不適用。直到去年試驗了「測漏精靈球」，是目前北水處唯一測出漏水並且正確定位的方法，這個方法屬於入侵式測漏法，把裝有收音儀器的球送入幹管中，讓它順流而下，於下游回收，分析出漏水位置與漏水量如圖 12。為了驗證準確性，北水處特別找了其中漏水聲音最小的一處，開挖看看，居然正確命中。但這個方法十分不方便，因為施作過程要把幹線旁的支線通通關閉，須動員許多人力，而且週邊民眾用水壓力會明顯下降，因此，北水處仍需持續尋找大管檢測的最佳方案。

Smart Ball判  
斷的漏水點:

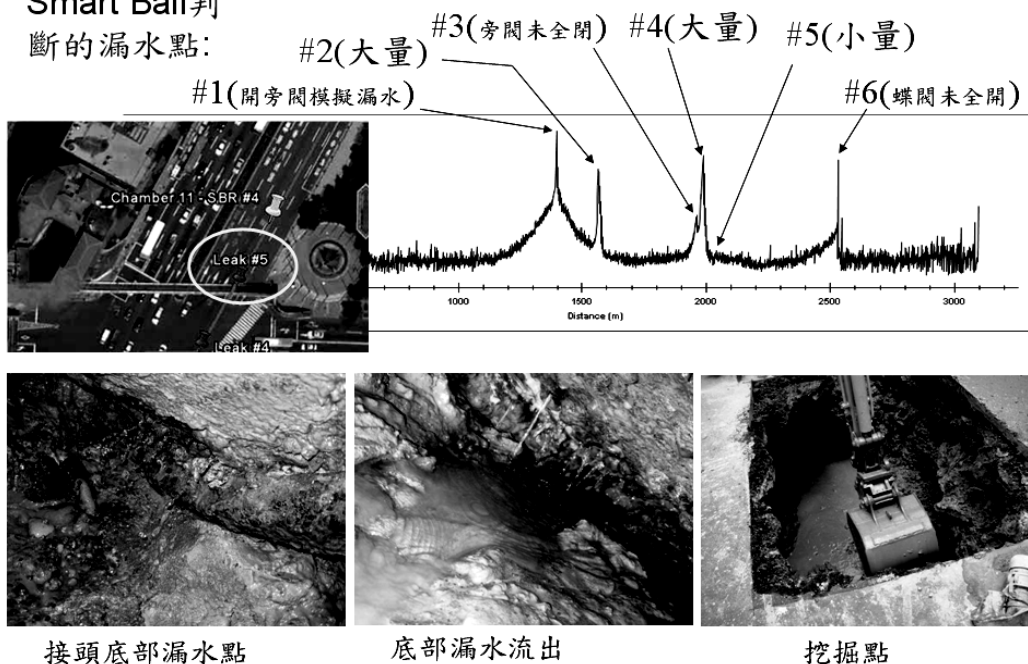


圖 12 測漏精靈球 (Smart Ball) 於大管線的漏水檢測與驗證

(七)控制帳面漏損—增加水費營收

前面所述的作為，都是試圖減少「實質漏水」，但「帳面漏損」也不容小覷。什麼是帳面漏損呢？有多嚴重呢？

因為用戶水表普遍慢轉，即使管網系統中沒有任何的漏水，自來水公司也會發生帳面漏損，導致水費短收。北水處以數學統計模型計算，平均而言，分表與直接表慢轉 10%，而總表慢轉 6%(如圖 13)，對於靠賣水維生的北水處而言，這是一個相當驚人的數據。如果以總表來算，假設自來水實際輸送 100 度的水到用戶家中，但因為水表的誤差，我們只能收到 94 度的水費，雖然沒有實質漏水，但其中 6 度的水在帳面上卻是人間蒸發，造成帳面漏損，短收了水費。以北水處每年送出 9 億噸的水，每噸水 7.5 元來算，每當水表慢轉 1%，就損失 6750 萬元，短收問題很嚴重。

	口徑	平均表差
總表	φ13   φ50	-6.11%
直接表	φ13   φ40	約-10%
分表	φ13   φ40	-9.85%

怎麼計算？

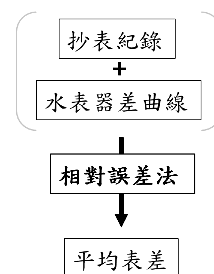


圖 13 北水處不同種類水表的平均表差與其計算方法

有人會說，如果水表慢轉，把它調快不就好了嗎？事實上問題沒這麼容易。任何計費用的水表，都經過檢驗，確認準確度，並加上鉛封，自來水公司與用戶都不可以去調整的。既然都經過檢驗，那水表為何會慢轉呢？水表的計量誤差，主要是受到水表特性與用水行為的影響，以直接表及分表而言，水龍頭開得小，流過水表的流量就小，當水流小到不太能轉動葉輪，水表的度數就會走

的比實際少，也因此這兩種水表的誤差比較高。又因為總表後方水池的進水流量比較大，帶動葉輪比較順暢，所以總表誤差較小。也就是說，雖然水表的構造都一樣，如果用戶經常少量用水，水表誤差將比別人大。此外，水表誤差也受到「表齡」與「累積度數」的影響，這有點像汽車的「車齡」與「里程數」一樣，愈老的水表，卡垢較多，轉動不順暢，愈易慢轉，少收水費；累積度數愈大的水表，齒輪機構掉牙、卡垢也越來越明顯，運轉也是逐漸偏慢，導致水費愈收愈少。但不同於汽車，因為水表受鉛封，是不能隨便拆開保養的，當水表老化，只能換掉整顆水表。因為有上述的事實，導致自來水公司總是少收水費。

北水處使用中的水表數量高達 180 萬個，而且是計費的惟一依據，如果不瞭解自身「生財」的工具，是無法降低帳面漏損的，事實上，國內對於水表計量與管理的研究相當貧乏，幾乎沒有大學、水公司深入研究水表的行為，相關的論文幾乎找不到，甚至連一本像樣的專書都沒有，自來水從業人員對於水表的行為也一知半解，更沒有水表專家。因此，北水處特別於去年整併成立專案小組，針對水表的各項行為、計量準確度、新式水表採用評估、換表表齡探討、用水設

備與水表準確度關係、預測水表度數衰退…等降低帳面漏損議題進行廣泛研究，目前也開始試用靈敏度較高的 C 級水表，一些採行措施算是向前跨了一大步。因為自來水公司詳細記載了數十年的水表度數紀錄、損壞原因報告、水表使用情況、表後內線配置…，掌握了資料母體，如果經詳細分析，必定可以產出有價值的研究，進而控制帳面漏損，北水處降低帳面漏損的五大措施如圖 14。

### 五、成立專責小組 高層走動管理 每季考核成績

北水處逐步摸索出來的一些作法，既能找出管網問題，又有完整的評估機制，的確很適用於臺北。其實世界各國自來水業都在用小區計量，漏水控制的方法也是相當普遍，但為何有些成功了，有些卻失敗了？北水處成功的原因在於決策、管理、執行架構完備，因為漏水控制的手法只是工具，必須由決策者、管理者與執行者共同配合，才能順利推動。北水處的決策者規畫了二十年的長期計畫，爭取經費，確立執行目標，這個很重要，沒有預算一切免談。而管理者則必須建立適當的控管機制，研發最適技術，輔導表現不好的工程單位，維持良好的施工品質。至於第一線執行者最重要是盡力達成

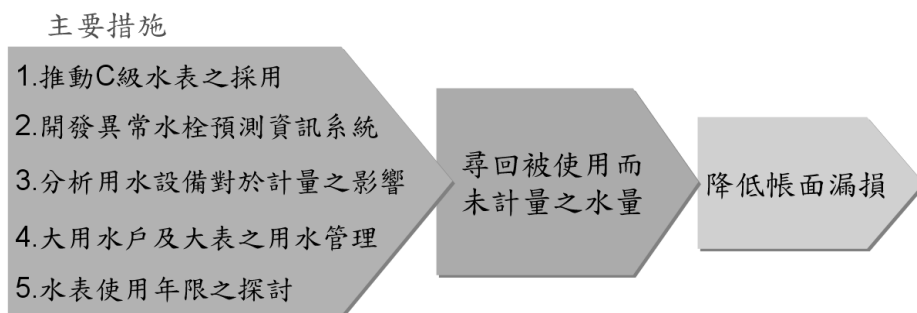


圖 14 北水處降低帳面漏損的五大措施

管理單位設定的目標，並且回報瓶頸、困難，以及克服難題的技巧，減少嘗試錯誤的時間。

為此，北水處成立「漏水改善小組」作為專責小組，負責整合小區劃區進度、裝表進度、漏水計量、施工進度，八年來，召開了 60 多次專案會議如圖 15，每次會議集合五個營業分處、相關幕僚與支援單位，討論的內容包含列管事項、研究專案、及執行單位的進度報告等，對於工作的推動很有幫助。但筆者認為，高層的「走動管理」才是關鍵，尤其北水處郭處長率一級主管每季出巡一次，親臨營業分處聽取執行簡報如圖 16，更是讓執行單位充滿壓力，如果分處執行不力，沒有達到預期目標，幕僚群與處長是不留情面的。也就因為領導高層如此重視，各營業分處更是視漏水控制的工作為第一要務，甚至還設置小區對口人、小區認養人，無非是儘量能達成管理階層所設下的目標，這八年，郭處長每一季赴 5 個分處聽取近進度簡報，累計共 150 場的簡報，利用這樣的走動式管理，按季考核，打破傳統「上有政策，下有對策」的公部門思惟，讓基層無法打混摸魚。強力貫徹領導意志，對於整體治漏績效功不可沒。

這次獲獎，IWA 的評審委員大多對於北水處發展的技術感到興趣，因此給了高分，但是對於北水處來說，上述的管理方法或許才是獲獎的真正原因，如果組織缺乏良好管理，營運不當，這些技術是根本沒有機會被發展出來的。

## 六、漏水控制所帶來的其他效益

截至今年十月，北水處已劃設超過 530

個小區，裝表計量超過 340 區，改善完成的已超過 100 區。我們同時發現，只要施工過後的小區，除了漏水變少之外，原本內部管線不清，圖資遺失的狀況，在管線汰換之後，這些陳年共業，通通消除了，取而代之的是清晰正確的圖資，正所謂，凡走過必留下痕跡。



圖 15 漏水改善小組定期召開會議



圖 16 處長率一級主管赴營業分處聽取漏水控制進度簡報

陽明分處的陳晟彬表示，以前找漏水的地方是憑經驗，有哪些管材容易損壞就優先換掉，不然就是「熱心的里長會來報漏。」但如果漏水在地底下，就很難被注意到。現在有了小區計量，提供明確的量化數據，用科學方法來探索管線問題，能夠讓有限的經費和人力資源發揮最大效益。

東區分處的林河山也說，當民意代表幫民眾爭取管線更新時，以前北水處往往只能順應民意，說換就換，並沒有一定的標準，但很可能換掉的水管仍然堪用，造成資源的

浪費。現在則有具體漏水率的數據可以讓民意代表們了解，哪裡漏水嚴重應該優先施工，大家都能夠得到滿意的答案。

除了漏水率降低之外，還有許多的間接成果。北區分處的文其正表示，破漏的水管換掉後，水壓不再漏失，很多民眾都發現不必再加裝馬達直接抽水，不僅省下抽水的電費，也能避免過去馬達直抽產生負壓力而將外部污染源吸入，水質和水壓都獲得提升。而且施工之後水表移出來，使得抄表更方便，以往每逢抄表就要搬動雜物的現象不復見了。同時，由於有了明確的檢核機制，讓包商必須自行提升工程品質，形成良性循環，讓水管廠商素質越來越好，彌補了用採購法只能找到最低價廠商之缺點。

由於北水處累積了許多的實際經驗與數據，更開發出新的技術，雖然這些技術是基於臺北管網所研發出來的，或許出了臺北，管網體質不一樣，肯定要做一些調整的。但臺灣西部走廊的四大都會區，管網體質與發展歷程，有些是與臺北是類似的，甚至同樣是高密度管網系統，因此北水處的這些研究與方法，對於臺灣自來水同業而言有相當大的參考價值。甚至有機會向國外輸出技術，例如今年 5 月在馬尼拉的 Water Links Forum，越南、斯里蘭卡、菲律賓等國的自來水事業體都對於臺北的漏水控制技術相當感興趣。

接下來，北水處將會持續漏水控制的既有政策，並且等到北水處轄區全部劃設、改善完成後，這些小區都會每年定期檢視漏水是否復發，進行長期管理，以確保到 2025 年時，臺北市的漏水率能夠降低到 10%，希望有朝一日，可以告訴我們的子孫，這看不

見的地下建設，每一寸的水管都有我們的貢獻。

### 作者簡介

---

#### 黃欽稜先生

現職：臺北自來水事業處供水科 副工程司

專長：管網改善 小區計量 漏水控制

# 2010 年 IWA 蒙特婁雙年會參會報告

文/駱尚廉、葉宣顯、王根樹、李育輯、陳映竹

## 一、理事會年會

2010 世界水會議及展覽會( World Water Congress and Exhibition)於九月十七日至二十五日在加拿大蒙特婁舉行。國際水協會(International Water Association, IWA)若從國際給水協會(International Water Supply Association, IWSA)前身計算已有 63 年的歷史，從國際水質協會(International Association of Water Quality, IAWQ)，計算有 45 年的歷史，但從西元 2000 年兩協會合併成 IWA 計算，今年(2010)則是十週年。因此，九月十七日晚上在 Mount Stephen Club 會長晚宴上(駱尚廉教授及葉宣顯教授參加)，執行長 Paul Reiter 特別製作了三段回憶投影片，回顧每屆會長、每次水協會 Water Congress 的主席及相關盛事與主要的成就，並由會長頒獎給 Andreas N. Angelakis 博士等四位榮譽會員獎，而日本的 Norihito Tambo 教授榮獲 IWA 會長獎，以表揚其對國際水領域之貢獻。而回顧投影片中有一張為 2008 年駱尚廉教授與劉雅瑄博士一篇論文在維也納大會獲最佳海報論文獎的照片，以及公佈的第一屆 IWA 34 名 Fellow，駱尚廉教授為兩岸及華人唯一獲此榮銜者，令人驚喜(駱教授應邀在九月二十日傍晚參加 IWA Fellows 任職典禮及獲頒證書及獎章)。

九月十八日在 Hilton 飯店會議廳，進行 IWA 理事會年會，除會長 David Garman 與執行長 Paul Reiter 的報告外，副會長的改選是上午最重要的事項，此次共有葡萄牙的 Helena Alegre 博士(女性)、南非的 Hamanth

Kasan 教授(現任副會長)、奧地利的 Walter Kling 先生(也是上一次維也納會議的主席)及韓國的 Zuwhan Yun 教授四位競選。此次採用先投票決定資深副會長，再選另一名副會長。第一輪選舉結果，韓國 Yun 教授祇拿到 4 票被淘汰；第二輪 Kasan 教授與 Kling 先生同拿到 12 票，三人再重投一次，結果現任副會長 Kasan 教授仍拿 12 票被淘汰，另兩位均為 14 票；第三輪投票 Alegre 博士拿到 24 票當選資深副會長，此可能與執行長報告時，提到希望增加女性代表有關。另一名副會長的選舉仍採梯次淘汰制，第一輪韓國 Yun 教授雖然拿到 10 票，仍是最低票而被淘汰；第二輪則由奧地利的 Kling 先生拿到 25 票當選，擊敗了現任副會長 Kasan 教授。

由 Paul Reiter 負責的 2010-2014 年 IWA 策略規劃執行報告，揭示 IWA 應(一)追求成為國際首席水專業組織，協助會員達成各種水科技之訓練；(二)成為科技創新與最佳操作之都市水循環及供水與服務之全球權威；(三)成為世界其他有效水管理組織之高質伙伴；(四)提供達成水資源永續利用及經濟發展雙重挑戰之全球領導。因此，IWA 已將願景定位於「已開發或開發中國家都市與流域相關水問題解決之知識、經驗與領導的全球資源來源」(The global source of knowledge, experience and leadership for urban and basin-related water solutions in both developed and developing countries)。而其任務則為藉由以下各項措施以提供會員、水專業團體、其他組織之相關服務：(一)生成及交

換知識及專業，(二)基於科學及全球經驗以發展最佳操作技術，(三)研發及應用創新水處理與管理科技，(四)針對全球挑戰，經由會員及伙伴拓展及領導開發創新解決方法。

展望未來十年，IWA 要開展之工作包括：

(一)活力化全體會員並支持會員之需求：包括 1.建立低收入及中收入國家(LAMIC)論壇，2.與關鍵的 Specialist Groups 加強橫向連繫，3.出版新刊物(包括 Water 21 增加西班牙文與中文版本及發行 New Water 期刊)以迎合時代需要，4.增加 IWA 水事業團體之活動計劃。

(二)強化 IWA 平台及支持伙伴團體：包括 1.深根化新建立之活動，2.再增加 2-3 分區辦公室以支持地區活動，3.進行建構二代資訊系統以強化連繫與傳播能力，4.強化策略伙伴關係，包括水資源、衛生及與水有關之全球關鍵機構。

(三)拓展開發中與已開發國家水質問題之解決方法：包括 1.拓展都市水科學技術以達未來永續水資源需求，2.表揚 IWA 創新計劃，3.發啟全球都市用水衛生，特別是低收入與中收入國家，4.透過 IWA Development Solutions Foundation (DSF)，透過知識、經驗及參與解決發展中國家用水安全問題。

由於 IWA 之雙年會收入可觀，因此每逢雙年會時，整體財政呈現正值，例如 2008 年淨收入為 499,115 英鎊，但 2009 年淨收入為負債 399,106 英鎊，而 2009 年末之總資產為 1,633,834 英鎊。綜觀整個 2009 年之活動報告，在亞太地區(ASPIRE)，活動特別豐富，會長、執行長及新加坡辦公室主任 Ryan

Yuen 先生均提到第三屆 ASPIRE 在台北辦得非常成功，是雙年會以外，規模最大的一次。而 2016 年的雙年會經大會討論，決議在南美地區的國家來舉行。下次的理事年會則在 2011 年 10 月 1 日於維也納舉行，同時並有 IWA 水事業單位之研討會同時舉行。

IWA 理事及蒙特婁的貴賓在九月十九日早上十點至下午兩點有一遊覽聖勞倫斯河(St Lawrence River)的活動，並在遊輪上用午餐，導遊並介紹了許多蒙特婁的古蹟、重要地標及以前奧運會建築等，因為剛好是星期天，遊客很多，而街上的人潮與活動，也顯示蒙特婁國際城市之魅力。

## 二、青年水專家討論會

青年水專家討論會(Young Water Professionals Workshop)，主要由三十五歲以下來自世界各地之青年水專家，聚集在一起討論未來水領域之挑戰與水事業機會。九月十九日一大早原八點三十分開始之青年水專家討論會，因會議於星期日開幕且許多會員尚未辦妥報到手續，因此討論會延遲至九點整開始，由青年水專家之協調者 Adrian Puigarnau 主持，帶領一整天的議程與邀請相關學者與事業單位上台發表議題(陳映竹參加)。討論會的主要目的在於促進各國青年水專家之間的交流，討論將來可能面臨之水議題挑戰並提出因應之道，以及提供與創造在水領域之就業機會潛勢。

上午場之討論會主要說明目前青年水專家之整體推動狀況與相關活動之運作，以及現今所面臨之環境水質問題。邀請來自南非之 Jo Burgess 學者與澳洲之 Katerina Ruzicka 學者說明該國目前之水質污染與健

康問題，讓與會者了解水質改善之迫切性。並邀請盧森堡歐洲投資銀行之 Jose Frade 專員講解供水與衛生計畫中常態分配與運用經費之情形。下午場之討論會則邀請來自四國(分別為加拿大、美國、澳洲以及英國)之水領域專家，分享工作經驗與創造自我價值，提升就業競爭力。直至傍晚四點鐘，討論會才順利結束。

會議中間休息之茶點時間，除享用各式茶水與精美點心外，也是青年學者們相互交流的好時機，各國與會者熱絡地相互問好與談論研究或事業發展近況，也藉此認識新朋友，互相鼓勵參加青年水專家之活動。

九月二十日傍晚七點於希爾頓飯店(Hillton Hotel)，舉辦青年水專家之歡迎晚宴。精心布置之會場與水酒茶點之供應，由協調者 Adrian Puigarnau 帶動氣氛，先進行開場與致歡迎詞，晚宴中各國之青年學者互相認識與交流，增進對彼此之印象。但因晚宴之輕食供應，大多無法滿足與會者之肚子，許多學者選擇提早離場，另覓正餐。

### 三、開幕式

雙年會開幕式在十九日下午四點半於 Palais 會議中心舉行，由 Paul Reiter 擔任主持人，IWA 會長 David Garman 及大會主席 Peter Jones 等分別致詞歡迎大家，而 World Water Council 主席 Loic Fauchon，亞洲開發銀行特別顧問 Arjun Thapan 及 Willem-Alexander 王子均以錄影帶致詞，強調水的重要性，而加拿大 First Nations 之地區酋長 Ghislain Picard 也致詞表示，此盛會對未來水資源永續利用的重要性，Tambo 教授也致詞表示水對糧食生產及城鄉發展的重要性，IWA 將扮演更積極

與重要的角色。Garman 主席也頒終身成就獎給 UC Berkely 的 David Jenkins 教授及墨西哥國立 Autonomus 大學的 Blanca Jiménez 教授，捷克 Jiri Wanner 教授獲傑出服務獎，William T Muhairwe 獲傑出貢獻獎，Rita Hendreson 獲年青水專家獎，Cassilda Teixeira de Carvalho 獲 IWA 女性水專家獎。Jones 主席向大家報告此次共有約三千人與會，8 場 Keynote 演講，99 場次共 396 位口頭發表論文，527 篇海報論文，40 場工業論壇共 40 位發表論文，5 場區域論壇共 38 人發表論文，42 場 workshops 共 248 人發表論文，歡迎大家共享此次 IWA 的盛會。

### 四、口頭論文發表

除大會邀請之 Keynote Speeches 外，本次世界水大會 IWA 口頭論文發表可分成兩大部分：

#### (一)由各專家團體辦理之特別議程

於九月十九日(星期日)辦理之 Sunday Technical Programme，主要是由各專家團體(specialists groups)自訂主題，邀請該領域專家進行演講，演講者皆由各 specialists groups 自行邀請，但開放所有與會人員免費參加，其辦理方式較接近 Workshop。除 IWA 行之有年之 Young Water Professionals Forum 外，本次辦理之週日議程共有 8 場，內容涵蓋水質管理、致病微生物量化風險評估、異臭味、雨水回收、營養源控制、水場操作管理等議。由於各 specialists groups 之組織及活動強度不同，由週日議程之安排可略微看出不同 specialists groups 之活動方式。IWA 各 specialists groups 除辦理不同的 Specialized Conference 外，透過水大會辦理週日議程亦

可凝聚各 specialists groups 之向心力。週日議程的辦理亦可作為我國未來辦理類似研討會的借鏡，透過小型 symposium 的辦理邀集各領域人員共同討論該領域之現況及未來發展。

## (二)透過論文投稿及審查所進行之論文發表議程

本次 IWA 水大會之論文發表，經過摘要投稿、審查後安排口頭發表之議程。經過 IWA 論文委員會之安排，共分成下列幾個主題進行論文發表：

### 1. 水質管理的科學基礎和應用

本議題包括高級氧化程序、生物處理（含生物膜、污泥）、工業廢水處理、暴雨污染及控制、薄膜程序、濕地應用、消毒及消毒副產物、營養源控制、新興有害汙染物評估及控制、水系統模式應用及管理 etc 等議題。此議題主要目的在探索水科學領域之基礎研究和相關技術，此議題所涵蓋的範圍最廣，安排之議程及發表的論文數也最多。

### 2. 水、氣候和能源

由於氣候變遷議題持續發酵，IWA 之研討會在 2006 年北京及 2008 年維也納水大會均針對氣候變遷對水資源的影響、水處理技術衝擊及水管理之因應等課題加以探討。本次大會在氣候變遷方面有更多的討論，除與會人員的論文發表外，也邀請包括不同城市的市長由 politician 的角色氣候變遷的衝擊由策略發展的調整進行探討，並針對氣候變化、碳足跡、能源使用、對集水區治理的衝擊、在氣候變遷的影響下如何優化供水服務進行討論。由於各國國情不同，因應氣候變遷所需考慮之境況也有所不同。台灣的經濟發展已趨開發國家之林，水資源管理機關及

供水事業對於因應氣候變遷之潛在威脅及其所衍生之衝擊(包括極端氣候之影響)已有相當之處理經驗，未來所需強化者在於供水事業之脆弱性評估(assessment of vulnerability)及組織管理架構之調整(adjustment on infrastructure)，配合適度之境況評估及選擇，應可具備應付氣候變遷潛在威脅之能力。

### 3. 城市供水的未來發展及不同區域之水課題

針對如何提升城市供水服務效能提供看法。如同其他議程，除由與會者自行投稿外，亦安排不同議程邀請亦邀請世界各國部分城市之人員出席報告其供水經驗。我國台北自來水事業處陳曼莉副處長即代表該處透過 Project Innovation Awards 經驗交流及發表之機會進行報告。

除城市間之經驗交流外，本次大會議針對不同區域(包括亞洲、非洲、美洲、歐洲)等區域性水問題及其因應策略提供意見交流之機會。此部分議程之專題報告人皆由各區域主辦人邀請，針對不同區域所面臨之問題提出因應之策略。亞洲地區之議程係由 IWA 新加坡辦公室負責，參與報告之國家包括日本、新加坡、菲律賓等。

### 4. 供水事業及資產之管理

無論是發展中國家或已開發國家，都必須面對來自水資源變化及民眾對供水能力及水質安全需求之挑戰，因此必須在經營策略管理、供水系統之營運、操作和維護方面持續調整。此部分之議題涵蓋經營管理面及技術面，對供水事業單位有相當的吸引力。

### 5. 現有及新水資源的保護的發展

為確保未來水資源之供給，除保護現有水資源以維持其永續使用外，此議題提供關於不同之新興可用水資源(如海水淡化、雨水

及廢污水再利用)之技術,以了解此類新興水資源在未來供水安全方面所能提供的角色。

#### 6.集水區及生態系統與水相關之課題

此議題討論包括地表水和地下水資源使用及管理的問題,較特殊的是生態系統維護的相關問題,此顯示 IWA 對水的看法已逐漸跳脫使用者的角度,對於生態環境之保護亦日趨重視。此部分的議題包括活川生態變化、危害物質控管。

#### 7.供水與健康

此部分議程主要探討致病微生物所衍生的水質安全問題。為保障公眾之健康,IWA 之致病微生物專家小組特別針對微生物衍生之健康風險問題加以討論,嘗試以量化風險評估之方法針對微生物對健康之威脅加以量化。至於指標微生物部分,數篇論文針對指標微生物的選擇及致病微生物的來源追蹤方法加以討論,以評估微生物污染源鑑定的效能。在微生物之檢測方面,也有多篇論文針對傳統濾膜法及以不同生物技術進行檢測之方法以及致病微生物之控制方式加以討論,以透過有效的措施改善環境衛生和個人衛生。

#### 8.工業論壇

除一般論文發表外,本次世界水大會亦辦理多場由贊助商主辦的工業論壇。工業論壇的主題相當多元化,包括基礎建設(infrastructure)的永續投資概念、環境責任、業主與合約商的伙伴關係、新興水資源取得、高級處理技術等。

### 五、海報論文發表

此次 IWA 會議 Poster (海報) 論文發表的部分,共有來自 30 多個國家 527 篇論文,所有發表者應於九月十九日下午三點至五

點完成海報之張貼。隔日(九月二十日)傍晚五點至七點為主要之宣傳時機,發表者應於海報旁說明自己的研究論文,提供參觀者適當之講解,並極力爭取與會者投票給自己海報之機會。與會者於報到之時會收到一張投票單,可投給自己喜歡之最佳海報論文,並於九月二十二日傍晚五點左右在來自澳洲之 Helmut Kroiss 主講人演講完畢後,頒發最佳海報論文獎。其中台灣代表團的論文共有 11 篇,與會的論文作者有台灣大學的駱尚廉與王根樹教授、成功大學的葉宣顯與林財富教授、大葉大學的張玉明教授、高雄應用科技大學吳忠信教授、弘光大學黃文鑑教授、逢甲大學胡苔莉教授與台灣大學環境工程研究所李育輯、陳映竹與黃國權博士生。

Poster 最佳論文獎是由所有參與 IWA 會議人員共同投票選出最佳的五篇論文,投票時間由 9/20-9/21,於 9 月 22 日公布最佳論文結果,最後由芬蘭、比利時、台灣各一篇與兩篇加拿大,贏得最佳的五篇論文獎,其中台灣代表團由駱尚廉教授與李育輯博士等,以論文“Beneficial Uses of Sludge from Water Purification Plants in Concrete Mix”獲得最佳論文獎,並獲得大會頒獎,不但為台灣爭光,也是亞洲區唯一得獎之論文,能得此殊榮實為不易。

### 六、工程革新獎頒獎晚宴

國際水協會於 9 月 22 日晚間安排之「工程革新獎」(Project Innovation Award, PIA)頒獎典禮及晚宴,是「國際水協會 2010 蒙特婁世界水會議與展覽會」的重頭戲之一。主辦單位將頒獎會場設在離研討會主場約十來分鐘步行路程之蒙特婁科學中心大樓 3 樓,讓與會者尤然興起一種與有榮焉之感。

該協會自 2006 年起舉辦首屆「工程革新獎」之選拔，以應用研究、設計、規劃、營運管理及小型專案等專門領域，先在東亞、亞太、歐洲及北美等地區，選出有極少數有特殊優越表現之組織或企業報名者，頒發首獎(Winner)及優勝獎(Award)，再從這些獲獎者中，選出難度更高之全球地區 PIA 首獎及優勝獎。由於該獎項報名者眾多，得獎難度極高，前兩屆(2006 年及 2008 年)之 PIA 得主，均為美國、澳洲、新加坡等先進國家之水組織，或國際知名之企業，韓國三星電子(Samsung)即為一例。

2010 年初，臺北自來水事業處以「小區計量工法應用於漏水控制與管理」為題，報名 IWA 2010 PIA 東亞區規劃組之甄選，在眾多競爭者中脫穎而出，榮獲首獎，為國內自來水界首次獲得國際水領域之肯定，不僅是臺北自來水事業處、臺北市政府、我國自來水界，更是國家之榮譽，顯見臺北自來水事業處近年來在漏水防治方面之努力及成效，已獲得國際水協會評審專家之肯定，從而提高我國之國際能見度。

就在積極準備赴 IWA 蒙特婁雙年會之際，臺北自來水事業處陳曼莉副處長接獲喜訊：國際水協會執行長親自寫信告知，臺北自來水事業處報名 PIA 之「小區計量工法應用於漏水控制與管理」專題，更上一層樓，擊敗世界各國眾多競爭者，榮獲難度更高之 PIA 全球地區規劃組優勝獎。主辦單位邀請臺北自來水事業處於 IWA 蒙特婁世界水會議及展覽會特別安排之頒獎典禮及晚宴上領取該獎項。能在眾多歐、美、加、澳、日等先進國家 46 個營自來水營運及工程顧問等機構激烈競爭下脫穎而出，且成為臺灣自

來水界有史以來唯一獲得的國際性大獎，更屬難能可貴。

## 七、ASPIRE 理事會

第七次 IWA-ASPIRE 理事會在九月二十一日中午 12:30 至 2:00 在 Palais 會議中心 503F 室舉行，由日本下屆 ASPIRE 主席 Ohgaki 教授(東京大學名譽教授及國立環境研究所理事長)主持。會中確認第六次台北會議之紀錄，並摘要報告 2009 年 IWA-ASPIRE 會議成果，Ohgaki 教授說明台北會議的成功給他們甚大的壓力，因此希望大家踴躍參加第四屆東京 IWA-ASPIRE 會議，預定會議時間為 2011 年 10 月 2-6 日，摘要已可開始上網 (<http://www.aspire2011.org/abst.html>) 投稿，2011 年 1 月 31 日為摘要截止日，3 月 31 日通知是否被接受，6 月 15 日要繳交論文全文，6 月 30 日為 early bird 註冊截止。韓國代表 Zuwhan Yun 教授報告 2012 年釜山(Busnn) World Water Congress 籌備情況，。預定會議時間為 2012 年 9 月 16-21 日，摘要截止日為 2011 年 9 月 1 日，相關資訊可上網 (<http://www.iwa2012busan.org>) 查知。另外，新加坡國立大學 Jiangyong Hu 教授也報告第 3 屆 AP-YWP 會議在今年 11 月 21-24 日舉行 ([http://www.ese.nus.edu.sg/CWR\\_apywp2010.php](http://www.ese.nus.edu.sg/CWR_apywp2010.php))。由於 ASPIRE 相關會議甚多，理事會通過 Ryan Yuen 之建議，將 IWA-ASPIRE 與 AP-YWP 分開不同年份辦理，亦即 2011 年為第四屆 IWA-ASPIRE，2012 年為第四屆 AP-YWP，2013 年為第五屆 IWA-ASPIRE，2014 年為第五屆 AP-YWP 會議，以此類推。因此，偶數年會再碰到 World Water Congress 及國際的 IWA/YWP 會議，會有三個相關會議同年舉行。下次 ASPIRE 理事會則將於

2011 年 10 月在東京舉行。

## 八、工業參觀

工業參觀為九月二十四日下午，至 Sainte-Rose drinking water treatment plant 及 Centre d' interpretation de l' eau (C.I.EAU)，Laval 兩地參觀。

Sainte-Rose Water Treatment Plant 係供給蒙特婁郊區 Laval 市的三個淨水廠中的一個。該廠於 1984 年開始運轉，平均處理流量為 110,000 m<sup>3</sup>/day。其原水來自附近的 Mille-Iles 河，先經過攔污柵後，以低揚程抽水機抽至淨水廠。加明礬為混凝劑，而以矽酸鈉及鋁酸鈉所反應生成之活性矽 (Activated silica) 為助凝劑，經快混後，進入 Lamella 型式之膠凝沉澱池。上澄液再經無煙煤及石英砂之雙層濾料快濾池過濾。為了要去除水中生物可利用之微量有機物及增進處理水在臭及味等美感上之品質，快濾池出水再經臭氧及粒狀活性碳床之生物濾床程序，利用粒狀活性碳床上之微生物，降解臭氧氧化所產生之生物可分解溶解有機碳 (Biodegradable dissolved organic carbon, BDOC)，以增進水質之生物穩定性，避免配水管網內生物膜之生長。該廠係北美洲第一個採用生物濾床之自來水廠。活性碳床出水以石灰調整 pH 值後，加氯消毒，然後貯於清水池，再以高壓泵送入配水系統。

另外，亦參觀在 Sainte-Rose Water Treatment Plant 旁之水教育中心，Centre d' interpretation de l' eau (C.I.EAU)。該中心係以增進社會大眾，特別是青年學子，對水資源之認識，進而珍惜它，愛護它為目標。該中心之設施可分為三大部份。一為展覽室，裡面共分有十個單元，採互動式展出，

介紹從水文循環、全世界水資源之分佈、水對人體健康之重要性、水質、自來水及污水處理、配水管網，當地之給水、污水廠，以至於瓶裝水與自來水價格上之差異等。二為實驗室，可由專家(所謂 Professor Hydraulix)經由顯微鏡及單槍投影，介紹原水中之顆粒性雜質及微生物，同時可進行混凝、沉澱及砂濾之實驗，讓參觀者從實際動手做中，瞭解水處理之過程。第三部份則為多媒體室，可播放介紹水資源相關之影片，或舉行研討會、座談會等。

目前國內中小學校外教學亦常安排學生參觀自來水廠，且自來水事業單位亦樂於與民眾互動，如能增設類似之水教育中心，更能增進民眾對水資源之認識，並進而支持相關之建設。

## 作者簡介

### 駱尚廉先生

現職：國立臺灣大學環境工程學研究所特聘教授

專長：水及廢水

### 葉宣顯先生

現職：國立成功大學環境工程系教授

專長：水處理技術

### 王根樹先生

現職：台灣大學公共衛生學系教授

專長：飲用水水質安全、環境衛生

### 李育輯先生

現職：台北自來水事業處幫工程司

專長：淨水工程、高級氧化處理

### 陳映竹小姐

現職：國立台灣大學 環境工程學研究所 博士候選人

專長：奈米材料研發，吸附技術



四位副會長候選人合影



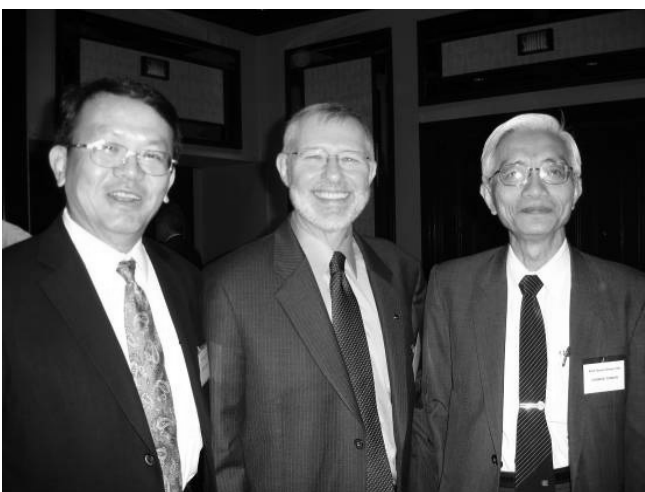
台灣代表與日本 Tambo 教授合影



葉宣顯與駱尚廉教授與香港水務署錢柱森助理署長(左 2)及日本水協會 Misono 執行長(右 2)合影



駱尚廉教授榮獲 IWA Fellow 榮銜



葉宣顯與駱尚廉教授與 IWA 新任會長 Daigger 博士合影



駱尚廉教授與日本獲 IWA Fellow 榮銜者合影



駱尚廉教授獲頒 IWA Fellow 榮銜



青年水專家討論會 (Young Water Professionals Workshop)



IWA Fellows 全體與現任及新任會長合影



青年水專家之歡迎晚宴，由左至右分別為李育輯博士、黃國權博士生、泰國博士生以及陳映竹博士生



第七屆 ASPIRE 理事會由日本 Ohgaki 教授主持 (左 1)



最佳海報論文獎之受獎典禮，最右為台灣代表-李育輯博士

## 增闢台水營業外收益

文/黃敏恭

### 一、前言—山不轉路轉

商場如戰場，以成敗論英雄，而成敗的檢驗就在於企業的盈虧。虧損的企業即使有再多的藉口，也得不到社會的同情；獲利的企業無須張揚理由，亦能博得眾人之讚賞。

近年來，自來水事業經營環境丕變，營運更為艱辛，例如消費者意識抬頭，消費者對用水的要求越來越高，本公司給水成本亦隨之逐年攀高，而水價已 17 年未獲調整，復因本公司尚須肩負政府賦予之政策性任務，致近 5 年（94~98 年）給水投資報酬率平均為-0.22%，明顯偏低，成為常態性獲利偏低（甚至虧損）企業，易使社會大眾產生「營運費用偏高，經營效率低落」之錯覺，從而否定本公司全體同仁之辛勤付出。

囿於長期水價偏低、無法合理反應成本，本公司尚須肩負政策性任務，致財務狀況捉襟見肘。吾人皆知「資金是企業的血液，財務是經營活力的根源。」本公司要突破財務困境、掙脫兩百五十億經營規模的魔咒束縛，在水價未獲調整的現況下，實不宜消極地期待水價調整，而應積極地尋求其他財源以彌補因水價偏低而造成之虧損。易言之，本公司與其消極的等待，不如積極的作為，即在水價未獲准調整之前，既然本業獲利不易，惟有提升業外收益，才能為公司捎來春天。

本文先以「山不轉路轉」啟言，後以「為成功找出路」結語，隱寓本業、業外雙引擎

啟動，本業穩定發展、業外積極挹注，分進合擊，永保基業長青。內文首由「報酬率與盈虧分析」，說明本公司增闢業外收益的必要性；其次，依學理闡釋「產品／市場擴張矩陣」，以明企業成長策略；末就實務觀點，分就「增闢業外收益之道」、「轉投資決策準則」，試抒芻議，冀期拋磚引玉、集腋成裘。

### 二、報酬率與盈虧分析

茲分列本公司近四年(95~98 年)「資產報酬率」與「收支盈虧」，據以闡明本公司增闢業外收益，挹注資金活水的必要性如次。

#### (一)資產報酬率—杜邦分析模式

美國杜邦公司為探索公司財務和營運上的問題所在，並尋求解決之道，提出著名的「杜邦分析模式」(Du-Pont Model)如次。

$$\begin{aligned} \text{資產報酬率} &= \text{稅後淨利} / \text{平均資產總額} \\ &= \frac{\text{稅後淨利}}{\text{銷貨淨額}} \times \frac{\text{銷貨淨額}}{\text{平均資產總額}} \\ &= \text{純益率} \times \text{資產週轉率} \end{aligned}$$

「杜邦分析模式」將資產週轉率析解為「純益率」與「資產週轉率」。純益率係以銷貨收入來衡量公司獲利能力，比率越高意謂銷貨的獲利能力越佳，是故企業應力求營收增加與費用降低；資產週轉率代表每一元資產所能產生的銷貨收入，用以衡量公司運用資產的效率，比率越高意謂運用效率越佳，如有閒置資產則比率下降，因此必須減少不具生產力的資產。

茲比較本公司與北水處 95~98 年度「純益率」及「資產週轉率」如下表 1、2。表 1 顯示，本公司純益率每下愈況，而北水處近四年純益率約為本公司 15 至 17 倍。深究其因，係本公司肩負諸多照顧弱勢、偏遠地區

的政策任務，營業支出遠高於北水處；表 2 顯示，本公司之資產週轉率稍高於北水處，係因本公司近年致力於「活化資產」所致，惟以本公司近兩千五百億的資產而言，資產週轉率仍屬偏低，亟待改善。

表 1 台水與北水 95~98 年度純益率比較

單位：億元

	95 年度		96 年度		97 年度		98 年度	
	台水	北水	台水	北水	台水	北水	台水	北水
純益	2.96	8.67	2.24	7.42	0.89	8.50	-11.67	8.21
銷貨淨額	258.48	50.38	263.66	50.60	261.77	50.07	246.50	51.92
純益率(%)	1.15	17.21	0.85	14.66	0.34	16.98	-4.73	15.81

表 2 台水與北水 95~98 年度資產週轉率比較

單位：億元

	95 年度		96 年度		97 年度		98 年度	
	台水	北水	台水	北水	台水	北水	台水	北水
期初資產	2,463	596	2,489	601	2,484	634	2,502	651
期末資產	2,489	601	2,484	634	2,503	651	2,576	667
平均資產	2,476	599	2,486	618	2,494	642	2,539	659
資產週轉率(%)	10.44	8.41	10.60	8.19	10.49	7.79	9.71	7.88

綜上分析，欲提升本公司經營績效，須從「改善純益率」與「提升資產週轉率」兩方面著手。本公司多年來致力擲節開支、降低營運支出，減「少」資源投入，已略見成效；惟重視「支出面」的節流，卻容易輕忽「收入面」的開源。是故，追求「優質的收入」成長(諸如開發高獲利產品、資產活化)，以相同的資源產生更「多」的收益，公司獲利力與資產運用效率當可雙重提升。

## (二)收支盈虧

為明示本公司之盈虧消長，茲彙示近四年(95~98)之收支盈虧決算數如表 3。該表顯示(1)營業收入成長停滯，甚至衰退，成長空間有限(2)營業外收入平穩，尚有成長空間 (3)純益雖逐年下降，惟仍能勉力維持正數(除 98 年受金融海嘯衝擊，造成大幅虧損外)，並非因為本業營運轉機，實乃業外收益發揮輔翼之功。

表 3 94-98 年度收支盈虧決算數

單位：億元

	95 年度	96 年度	97 年度	98 年度
總收入	264.10	268.97	267.09	250.30
營業收入	258.46	263.66	261.77	246.50
營業外收入	5.64	5.31	5.32	3.80
總支出	261.14	266.73	266.20	262.00
純 益	2.96	2.24	0.89	-11.73

誠然，「提供量足、質優之自來水」仍為本公司責無旁貸之使命。惟近年經營成果顯示「給水收入已入不敷出」、「近年供水普及率已高，用戶新裝毛利逐年衰退」；尤其，在「水價調整不易」、「配合政府推動節約用水政策」之際，本業預將難有成長，甚或衰退。為擺脫本公司入不敷出的窘境，未來營運除力求本業穩定發展，尚須仰賴業外收益挹注，才能走出自己的一條活路。

### 三、產品／市場擴張矩陣

組織經營的目標有二，一為生存，一為成長。惟若僅求生存而不謀成長，將在同業、異業的競爭壓力下，難於市場立足。尤其是，企業達到一定規模之後，無論公民營事業，皆有來自各方利害關係人的期待，必須持續不斷成長，因為企業經營有如逆水行舟，不進則退。

俄國策略大師安索夫(Ansoff)提出著名的「產品／市場擴張矩陣」(Product-Market Expansion Matrix)，指稱企業追求成長策略有四(如圖 1)，皆係增闢收益之途，茲闡釋如下。

現有市場	深耕本業策略 (原產品，原市場)	新產品發展策略 (新產品，原市場)
	新市場開發策略 (原產品，新市場)	多角化策略 (新產品，新市場)
	現有產品	新產品

圖 1 產品／市場擴張矩陣

#### (一)深耕本業策略

在現有市場內，經由現有產品銷售量之提升，以達到公司成長目標。組織藉助行銷

傳播、促銷活動、降低價格等積極的行銷策略說服現有的顧客購買或使用更多公司的產品。例如，特力屋以數萬本產品型錄寄給會員，告知促銷訊息；黑人牙膏透過廣告鼓勵目標顧客多刷牙，以增加牙膏使用量。

#### (二)新產品發展策略

係在現有的市場，發展新產品或增減原產品的特性、功能等，以增加本公司產品的銷售額。亦即，充分利用現有的行銷通路以及顧客對品牌的忠誠度，以充分開發現有顧客的潛在需求。例如，嬌生嬰兒洗髮精開發嬌生嬰兒潤膚乳、嬌生嬰兒潤膚皂以及嬌生嬰兒沐浴乳。

#### (三)新市場開發策略

用現有產品開發新市場(新顧客)。新市場可以是同一地理區域內不同的市場區隔，例如，原本設計給嬰兒使用的嬌生嬰兒洗髮精，透過嬰兒洗髮精較溫和和不刺激的形象，成功打入少女市場；或是不同地理區域之相同目標市場，例如，自行車在落後國家為交通工具，但外銷到先進國家，可當作休閒與運動的工具，其銷售額因而提高。

#### (四)多角化策略

係推出全新的產品進入全新的市場，產品與市場都是嶄新的，因此風險較高，惟若成功則可能為企業帶來大量利潤。依多角化程度上的不同，又分為如下兩種。

##### 1.非相關多角化

係指新產品或新市場與現有的業務缺乏共通性，亦即對新的顧客提供與原有產品無關的新產品，又稱「綜合多角化」(Conglomerate Diversification)。例如，文化用紙大廠永豐餘

公司投資成立元太科技公司，產銷薄膜液晶顯示器。

## 2. 相關多角化

係指新產品、新市場與現有業務具有某些共通性，又稱為「集中多角化」(Concentric Diversification)。例如，東森媒體集團原經營電視台，後又跨入電視購物及型錄購物事業。

企業尋求成長時，可以選擇上述的某一種策略，但也可以多管齊下。舉例來說，統一超商不斷地調整其銷售品項與服務事項，這是屬於新產品開發策略；但是在台北市不斷推出促銷活動，則可以視為深耕本業策略；而逐漸擴展到外縣市，則又屬於新市場開發策略；至於轉投資成立捷盟物流，則係多角化策略。

上揭四種成長策略皆可為本公司追求成長之參考、借鏡。惟就本公司而觀，因供水普及率已達 90% 以上，且因持續推動節約用水政策，以及水價偏低而給水成本逐年提升，預期自來水本業難有成長，故深耕本業策略難期發展，而其他三種策略(新產品發展、新市場開發、多角化) 或可擴展本公司本業或業外收益。

## 四、增闢業外收益之道

本節依循前揭安索夫(Ansoff)的產品／市場擴張矩陣，試提本公司「增闢業外收益之道」如下。其中，「不動產活化」、「開發文化創意資產」與「商品交叉銷售」係屬資產活化之一環，為服務現有顧客之「新產品發展策略」；而「技術提升與輸出」則係屬運用現有產品技術之「新市場開發策略」；另，「相

關多角化策略」為跨足與核心事業相關經營領域之「多角化策略」。

### (一) 不動產活化

本公司閒置不動產及低度利用土地之存在，係因供水系統擴建整合、環境變遷或廠所整併等因素所致。本公司透過該等資產活化，除可增加本公司業外收入，亦將創造帶動地方環境改造與經濟繁榮之外部效果，茲就其具體作為分述如下。

#### 1. 閒置不動產之出租、出售

現有閒置土地經檢討可供擴建再利用者，短期辦理出租；業務無須使用或不具保留價值者，於適當時機予以標售。

#### 2. 不動產之開發、再利用

具開發潛力之低度利用營業用地，採參與都市更新、ROT、BOT、OT 等方式，引入民間資金及企業化經營，招商委外開發經營，除可提昇資產運用效益外，並可收取租金與權利金，增闢公司財源。

### (二) 開發文化創意資產

本公司部份水源地及淨水場，風景優美，交通便捷，又擁有歷史價值之自來水文物及古蹟，為台灣少有之珍貴資產，如原台南水道、自來水博物館、彰化不老泉、宜蘭深溝給水廠生態溝、暖暖淨水場及其他具文化歷史等既有景觀，深具親水體驗價值。

善用本公司全省各地蘊藏之古蹟文物，結合自來水文化特色，進行文化資產活化、利用，設法與當地政府機關合作開發，或是引進民間業者參與經營，開發文化景點，營造親水環境，建置親水體驗教育區，其皆可

增加社會休閒元素，亦可增加公司收益。例如，八區處深溝淨水場建置多功能自來水園區，與礁溪老爺大酒店洽談套裝旅遊景點合作事宜；九區處保留日據時代歷史建築及老松等文化資產，將來亦可與民間企業合作，轉投資民宿或招待所等，共同創造利潤。

### (三)產品交叉銷售

所謂交叉銷售(Cross-Selling)，即係說服現有的顧客去購買另一種財貨(Goods)或服務(Service)。例如，某銷售襯衫之公司，當顧客來店訂購襯衫時，可再推銷搭配這件襯衫的領帶。當提供的交叉銷售正好符合顧客需求，他會很感謝公司的細心建議，相對的，他對公司的信賴度也會有所提昇。

本公司擁有遍佈全省的營運所、服務所，通路廣佈，或可充分利用現有的行銷通路以及用戶對本公司的信賴，發展自來水相關的新產品，運用這些商品靈活交叉銷售，提供客戶更多元化的商品服務，諸如「高級包裝水」、「轉介清洗水塔收費服務」、「提供內線地漏檢測收費服務」、「代銷面膜、健康食品」、「水費收據提供平面廣告」等，均可評估其可行性，找出合適之財貨或服務，由而交叉銷售。

值得一提的，花蓮擁有全台唯一的鹼性水—砂婆礑鹼性水，也是九區處之優勢與特質，可選擇觀光景點或飯店合作辦理生飲計畫，妥善利用、開發鹼性水，創造新品牌，除可宣傳台灣自來水能生飲，且因其具有衛生、有機、鹼性等特質，亦有益健康。

### (四)技術研發與輸出

本公司成立近四十年，其間，為善盡「提

供量足、質優自來水」之使命，不斷引進先進自來水工程與淨水技術，持續強化「量足、質優」之核心能力，這些累積數十年經驗的自來水工程與處理技術，皆係公司追求成長的利基。例如，七區處為改善大高雄地區水質，斥資以結晶軟化、生物活性碳吸附、臭氧或奈米薄膜等方式處理高級水，大大提升自來水品質；另，為改善澎湖地區供水緊絀的情況，建置海水淡化廠，本公司與廠商合作的過程中，也不斷地茁壯自己的技術實力。

值此自然環境轉變之際，未來水資源之取得將越來越難，潔淨水的價值會越來越高，故污水可能再利用，舉世皆然。這些突破性技術，諸如高級淨水處理的薄膜技術與經驗、先進防漏技術、水質消毒的新藥品、自來水工程建設能力等，都是台水無價的資產，應將之發揚光大，結合國內、外先進技術持續創新研發，將此新技術輸往大陸，甚至國際市場，創造業外收益。

### (五)相關多角化策略

基本上，當外在環境劇烈變動，本業市場潛力不大，獲利率下降時，就是進行多角化經營契機。例如，過去紡織業雖是造就台灣經濟力的主要功臣，如今，物換星移，紅極一時的紡織工業如今都成為夕陽工業。因此，許多紡織企業為跳脫困境，無不積極進行多角化，最常見的是涉入資訊業，期謀再次成長的動力，以求企業之第二春。

惟多角化失敗風險高，不能盲目投資，必須秉持務實的態度。諸多學者研究指出，「相關」多角化比較容易成功，而「非相關」多角化則不易成功。爰本公司須考慮專長優

勢，尋求與「核心能力」相關的多角化機會，以創造核心業務與新事業間之綜效(Synergy)、降低經營風險。例如，投資水量計生產、淨水藥品 PACL 產製、淨水場污泥及水庫淤泥再利用(有機肥、建材等用途)等，都是值得研究的課題，惟因投資風險較高，務須審慎評估，故本文專闢第五節論述「轉投資決策準則」如次。

### 五、轉投資決策準則

眾所周知，進入新事業領域所涉及風險高，即如熊彼得(Joseph Schumpeter)所言「利潤與風險是一對孿生兄弟，亦即，利潤乃風險的代價。」因此，轉投資決策並不是隨興所致，更不是依主事者個人喜好來決定，而是必須審慎、嚴謹地評估各項新事業機會，避免在成功機率低時冒險躁進，並能在成功機率高時大舉投資，否則企業追求成長只會

是一場賭局。

理論上，公司只要花工夫建立一籃子的事業選項，就能分散風險，惟若新事業選項太多、差異性太大，珍貴資源就容易分散，無法累積學習。爰應集中火力投資少數有前景的事業，非以散彈打鳥；否則，反因精力分散而危及核心事業的根本。

坊間有關轉投資書籍汗牛充棟。本節僅分就(1)「新事業交通號誌燈」模式(2)經濟部所屬事業機構參加民營事業投資應行注意事項，說明本公司轉投資決策準則如次。

#### (一)「新事業交通號誌燈」模式

英國策略大師坎貝爾與派克(Campbell and Park)於 2005 年發表《成長的賭局(The Growth Gamble)》乙書，提出「新事業交通號誌燈」模式，以為評估新事業機會的系統化架構。茲就其概念圖示、說明如下。

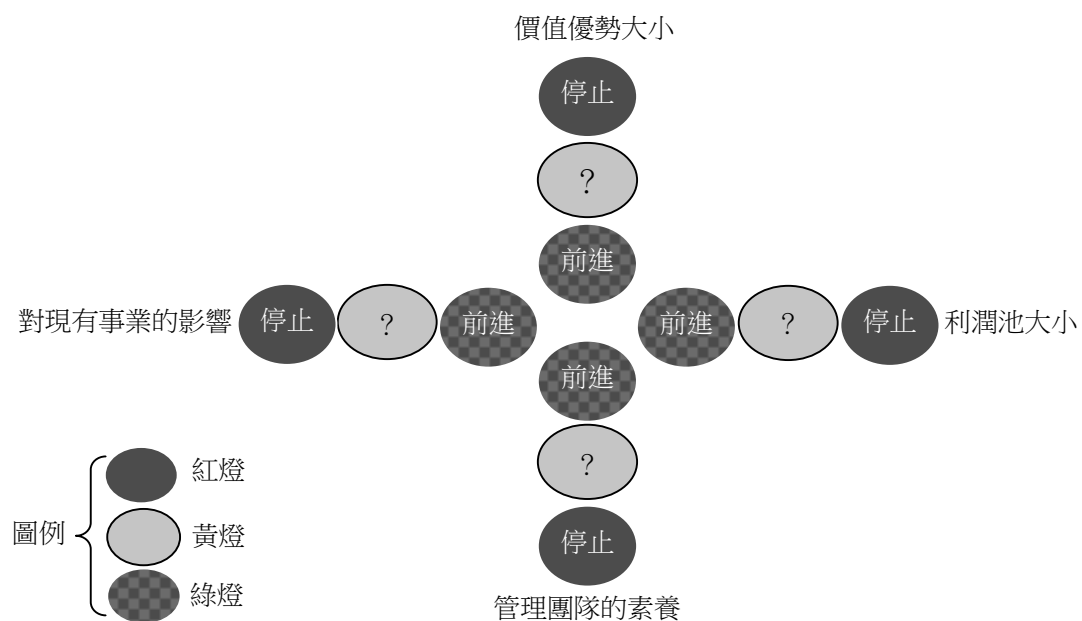


圖 2 新事業交通號誌燈

## 1. 評估變數

企業轉投資決策須考量如下四個評估變數(Evaluation Variables)。

### ■ 價值優勢大小

企業必須創造勝過競爭對手的優勢(諸如成本較低或品質、功能較佳的產品)，而該優勢意謂不易被競爭者取得或模仿的稀有資源。

就此一變數而言，公司擁有顯著優勢為「綠燈」；小而不確定的優勢為「黃燈」；明顯劣勢為「紅燈」。

### ■ 利潤池大小

眾所周知，卓越管理者對獲利沒耐性，惟對成長要有耐心。易言之，足夠的利潤規模是進入新事業重要的評估變數，而利潤規模大小主要取決於如下因素。

(1) 事業的獲利力(提供給顧客的價值越高、生產成本越低、達到損益平衡點的數量越低，則獲利力越佳)。

(2) 產業結構的獨佔度(產業獨佔度越高，超額利潤越高)。

(3) 事業的脆弱性(有沒有任何重大不確定因素會造成事業脆弱不堪)。

就此一變數而言，利潤豐厚為「綠燈」；利潤普通為「黃燈」；利潤微薄為「紅燈」。

### ■ 對現有事業的影響

從事投資必須考量新事業與現有事業之間的綜效，即新事業為現有事業帶來的效益是正面？或負面？另，管理者把注意力轉向新事業、調派優秀管理者負責新事業所造成的分心風險。

就此一變數而言，新事業對現有事業有正面影響為「綠燈」；不確定為「黃燈」；有負面影響為「紅燈」。

### ■ 管理團隊的素養

新事業領導團隊的能力及母分司對新事業脈動的掌握力，在在影響新事業的成敗。新事業領導者必須對這個事業有足夠的熱情、深入的洞察、執行的彈性等，以帶領團隊克服無可避免的挫折、懷疑、阻礙。

就此一變數而言，新事業管理團隊的素養明顯優於競爭者為「綠燈」；相當於競爭者為「黃燈」；不如競爭者為「紅燈」。

## 2. 決策準則

依上揭四項評估變數顯示之「紅」、「黃」、「綠」燈號，從而確定決策準則如下。

■ 只要不出現紅燈，任何一個綠燈訊號都代表可以投資這個事業。

■ 只要出現一個紅燈訊號，就代表新事業成功的可能性極低，應該停止投資。

■ 全出現黃燈則須耐心觀察。

檢視本公司的新事業機會，可依「新事業交通號誌燈」模式篩選，選擇一、兩個通過「交通號誌燈」篩選的新事業來投資，亦即，本公司寧可審慎評估當贏家，而不是雄心萬丈做輸家。

### (二) 經濟部所屬事業機構參加民營事業投資應行注意事項

本公司為經濟部所屬國營事業的一員，當遵循上揭「注意事項」，亦即，本公司制定相關投資決策應遵循下列原則。

1. 與事業未來發展方向一致。

- 2.能有效利用現有資源。
- 3.有助未來民營化推動。
- 4.具有良好投資效益。

進而言之，本公司於研議新轉投資計畫時，所編擬之可行性報告應考量法令、政策、市場、技術、環保、經濟、財務等因素。詳言之，須就下列構面(Dimensions)審慎評估其可行性(Feasibility)。

- 1.適用法令及配合政策之分析
- 2.行銷分析
- 3.設計技術分析
- 4.建廠工程分析
- 5.生產製造分析
- 6.環境影響及污染防治分析
- 7.財務分析
- 8.經濟效益分析
- 9.社會效益及社會成本分析
- 10.風險及不定性分析

實則，轉投資事業之成功植基於合作雙方「互利」之夥伴關係，因此，本公司必須審慎評估合作對象，本諸「供需穩定、合理利潤、風險共擔、健全互動」原則，期求合作雙方互利、共榮。

## 六、結語—為成功找出路

《成功不墜》一書作者唐納·薩爾(Donald Sull)指陳：「企業沒有不變的成功方程式，慣性是成長的敵人，最適者才能生存。」易言之，面對複雜、動態之經營環境，本公司不能僅僅強調「穩定、效率」，以避免誤入「行動慣性的陷阱」，而宜積極地「求新、求變」，才能成功不墜、永保基業長青。

睽諸自來水之經營環境艱困，水價偏低而水源不足，導致公司成長遲滯，甚或衰

退。是故，本公司與其為失敗找藉口，不如為成功找出路，亦即，既然本業獲利不易，則應積極擴展本公司業外收益。透過轉投資、資產活化，不只要活化土地、資源，更希望活化人力，才能走出一條康莊坦途。

《孫子兵法》虛實篇云：「水無常形，兵無常勢，能因敵變化而取勝者，謂之神。」意謂領兵打仗不能沿用一套作戰方法，應該依隨戰場形勢變化與敵我態勢，實事求是地靈活應變。站在歷史的轉捩點，本公司當跳脫傳統巢臼，與時代脈動接軌，冀期形塑新時代高績效的自來水經營新風貌，讓台水金字招牌照亮大陸、東南亞，甚至全世界。

## 參考文獻

- 1.李芳齡譯(Andrew Campbell & Robert Park著)，「成長的賭局—看準下一個成長事業」，天下雜誌有限公司，民國94年。
- 2.林建煌，「策略管理」，智勝文化事業，民國92年。
- 3.劉典嚴，「商品行銷策略」，新文京開發出版有限公司，民國93年。
- 4.Markides, C. C. and P. J. Williamson, "Related diversification, core competences and corporate performance", Strategic Management Journal, 1996.
- 5.Ramanjam, V. and P. Varadarjan, "Research on corporate diversification: A synthesis", Strategic Management Journal, 1989.

## 作者簡介

### 黃敏恭先生

現職：台灣自來水股份有限公司董事長

專長：公共政策、行政管理、策略管理

# 關鍵績效指標之理論與實務 — 台水績效管理制度之應用

文/陳福田

## 一、前言—落霞與孤鶩齊飛

平衡計分卡創始人、美國哈佛大學教授 Robert Kaplan 研究發現，績效傑出的企業具有兩項特性，一是「聚焦」(Focus)；一是「連結」(Connection)。亦即，企業內所有個人、部門之作為，都與策略緊密連結，不僅方向清楚，而且目標集中(聚焦)。欲使績效管理與策略目標緊密結合，「關鍵績效指標」(Key Performance Indicators, KPI)應為一帖管理良方。

Kaplan 教授進一步指稱：「策略在先，衡量隨後 (Strategy First, Measurement Behind)。」意謂企業之績效管理，應慎擇「策略導向」之績效指標，才能引導個人、部門作為與組織之「策略目標」同向而行。企業策略會隨著主客觀環境改變而更迭，不同時期應有不同的關鍵績效指標，例如某一階段「追求業績成長」為策略，故策略導向的績效指標為「市場占有增加率」；另一階段改弦更張以「提升顧客服務品質」為策略，則應以「顧客抱怨比例」為策略導向的績效指標。

過去，企業績效管理常與策略實踐脫節，導致員工日常工作往往與組織願景、策略目標背道而馳。反之，強調策略導向的關鍵績效指標(KPI)，可讓員工清楚地知道「組織採取之策略為何？」隨時依據策略來執行

日常工作，依策略決定有限資源之分配。易言之，以 KPI 為橋梁，讓策略貫穿於組織流程之中，成為組織成員共同的韻律(Rhythm of Business)。

本文先以「落霞與孤鶩齊飛」啟言，隱寓「策略在先，衡量隨後」，績效指標應有效地緊密連結策略目標；後以「秋水共長天一色」結語，意謂「沒有衡量，即非管理」，績效衡量係管理活動中不可或缺的一環。內文首述「關鍵績效指標面面觀」，鋪陳關鍵績效指標相關「學理」；再就「實務」觀點，闡釋「台水責任中心制度之演繹」，試提 KPI 導向之績效管理架構，但求「他山之石，攻己之玉」，冀期台水公司逐步邁向「策略核心組織」。

## 二、關鍵績效指標面面觀

對於經營者或管理者而言，透過一套正確的衡量系統，有效地測度員工與部門表現的優劣，並獎優罰劣，方能順利組織目標。

傳統的績效衡量制度正面臨極大的挑戰。績效與財務管理專家 Gary Cokins 指出，諸多企業雖然訂了指標，員工也盡力去實踐了，但是「有效率，卻沒有效果」，所呈現的績效依然不如人意，甚至離理想狀況相去甚遠。深究其因，這是因為企業犯了如下三大錯誤。

■指標與策略脫鉤：績效指標未能與組織策略

緊密結合，導致員工無法真正瞭解公司的策略是什麼，不清楚那些事情比較重要、那些事情才合乎企業目標。其結果是，組織難以引導員工朝向共同目標前進。

- 用錯了指標：如果組織錯把不正確或無關緊要的指標當作績效衡量的基礎，這樣的衡量就會誤導組織前進的方向。
- 過度關注財務資料：一般績效指標的資訊通常都太數字導向，只能算是落後性的資訊，難以事先預測企業未來表現並及時改善。

為彌補上揭傳統績效衡量的諸多缺失，強調「策略導向」的關鍵績效指標正逢其時、應運而生。本節試由學理，依循 Why(關鍵績效指標之效益)→What(關鍵績效指標之意義、原則、特質)→How(關鍵績效之建立)的論述邏輯，詮釋相關內涵如后。

### (一)關鍵績效指標之效益

Robert Kaplan 曾說：「可以把 KPI 想像成飛機駕駛艙內的儀表。飛行是很複雜的工作，駕駛需要燃料、空氣速度、高度、目的地等指標。」一代管理宗師 Peter Drucker 也說：「KPI 是引導企業發展方向的必要儀表板。」管理階層和飛行員一樣，必須隨時隨地審視環境，藉助儀表(KPI)來領導公司飛向光明的前途。

KPI 可說是一個「翻譯」策略的工具，把策略翻譯成幾個績效指標，並和考績、獎酬連結起來。如此，員工自然地會調整自己的努力方向、配合衡量指標所強調的重點，趨使個人目標、部門目標與組織目標趨於一致，即所謂「目標一致性」(Objective Congruence)，茲繪示如圖 1。

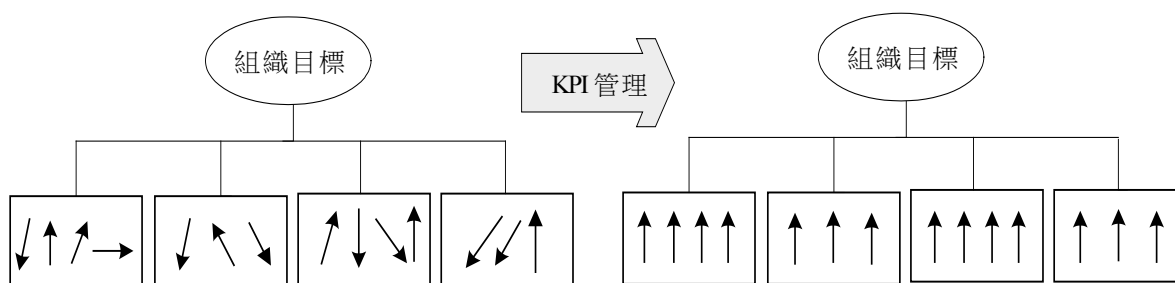


圖 1 KPI 管理與目標一致性

當員工、部門之作為與組織之策略目標產生聯結、協同一致時，才會產生「切身關係」。亦即，員工知道公司的成長方向，才知道「希望」在那裡；公司策略目標確立後，員工才知所輕重緩急，就算年終無法達成目標，也知道問題之癥結。政治大學會計系吳安妮教授指出，以關鍵績效指標作為管理的主軸時，具有下列幾項效益。

- 監控進度。透過正確的關鍵績效指標定期檢核，管理階層可以有效地追蹤工作執行的狀況。
- 推動變革。透過關鍵績效指標的制定和推動，能改變員工的價值觀，並促使組織變革。換句話說，透過 KPI 的衡量，即能以最低的成本，有效地改變組織人員的行為。
- 標竿比較。關鍵績效指標可以提供必要的資

訊，讓企業可與其他公司進行實際上的比較，做為改善的依據。

- 平衡發展。由於組織人員的行為會隨著關鍵績效指標的訂定與執行而改變，並兼顧各業務功能的平衡，俾免偏廢。

## (二)關鍵績效指標之意義

「績效」(Performance)係達成預定目標的程度，亦即「實際達成／預期目標」。實則，績效為相對的概念，而非絕對的數字，例如學生考試成績85分，是優？是劣？須視所設目標之高低而定，亦即，若設定的目標是70分，則85分係不錯的表現；但若設定的目標是90分，85分則為不佳的表現。而學業成績設定為70分(或90分)即為「績效指標」(Performance Indicator, PI)之目標值。

近年，關鍵績效指標【又稱主要績效指標、重要績效指標、績效評核指標，簡稱為KPI (Key Performance Indicators)】之運用蔚為主流，其係將策略(核心)目標、經營策略分解為「可操作」工作目標的工具，提供管理者檢視策略執行成果與策略目標達成程度之重要指標，是一項「策略導向」的績效管理工具，亦係強調客觀、可衡量的績效指標。

關鍵績效指標之立論基礎，具備「關鍵」和「績效指標」兩項重要內涵。前者指其須與組織願景、策略目標、經營策略緊密連結，且有重大影響力；後者謂其係測量達成組織目標或部門、個人績效責任的重要工具，期能反應組織、部門或個人的表現水準，俾供指引、診斷、建議或決策參考。詳言之，關鍵績效指標具有如下管理意涵。

- 1.與策略連結之績效指標才是所謂的「關鍵」績效指標，否則僅是日常績效指標(Daily Performance Indicator, DPI)。
- 2.由於組織的資源有限，故關鍵績效指標項數不宜過多；否則，將稀釋指標的重要性。通常一個被考評單位每年僅應有 3-5 項目，以便將策略聚焦(Focus)。
- 3.由因果關係中找到領先指標 (Leading Indicator)，而非落後指標 (Lagging Indicator)，即藉由 KPI 之領先指標找到問題之真因。
- 4.關鍵績效指標不是一成不變的，當隨短、中、長期「策略」之變動而變動，即使「策略目標」沒變，但 KPI 權重應有所調整。

## (三)關鍵績效指標之原則

「80/20 法則」普遍存在吾人日常生活中，意謂在眾多現象中，80%的結果取決於20%的「主要」原因，諸如組織 80%的價值取決於 20%的「關鍵」流程； 80%的營收來自於 20%的「主力」產品； 80%的不良品來自於 20%的「攸關」原因。KPI 就是那「20%」的「關鍵少數」(Critical Few)，強調其「精」而不在其「多」。亦即，強調「重點管理」，企業要將考核焦點集中在重要的績效指標，才能打蛇打七寸，掌握經營的重心。

關鍵績效指標之設定除應符合上揭「重要性原則」，尚須符合下述 SMART 原則。

- S (Specific,具體性)：要能清楚地定義出每個 KPI 所代表的意義，不可含糊籠統。舉例來說，有些企業可能會把「準時交貨」訂為一個 KPI，但是「準時」的定義卻是很模糊。

- M (Measurable,可量化性):量化的指標通常比較具客觀性,且在意義的傳達上也不會產生太大的分歧,因此 KPI 最好是屬於可以量化的指標,期求衡量與評估之方便、公平。
- A (Attainable,可實現性):指 KPI 的預期水準在被考核者努力下是可以實現的,避免設立過高或過低的目標。高不可攀,將使被考核者放棄努力之意願;過低,則人人可及,難分軒輊。
- R(Realistic,現實性):指 KPI 必須是有用的,是有助於策略目標、經營策略之達成。
- T (Time Bound,時限性):設定期限,才不會用過時或超前的指標評估現在的狀況。

**(四)關鍵績效指標之特質**

常見的績效管理工具計有關鍵績效指標(KPI)和目標管理(MBO)二種,本節試由比較

KPI 與 MBO 的區別,彰顯 KPI 之特質如次。

KPI 及目標管理(MBO)都強調把目標加以數量化,但就執行精神而言,KPI 與 MBO 仍有部份區別。KPI 具備高度策略性,一般是公司的重大目標; MBO 則比較偏向於經常性或例行性的工作。通常, KPI 做得好,對公司在長短期獲利、營運各方面具有正面與積極的效果;反之,部分的 MBO 即使做得不好,對公司營運常不會有全面性的重大影響。

易言之, KPI 績效管理體系,係以「策略」為中心,指標體系的設計與運用係為達成組織之策略目標;而一般績效管理體系(如 MBO),係以「控制」為中心,指標體系的設計與運用旨在檢討過去績效,期求改進,茲表列兩者之區別如表 1。

表 1 KPI 績效管理體系與一般績效管理體系之區別

	KPI 績效管理體系	一般績效管理體系
指標產生	對策略目標進行層層分解,係「由上而下」產生	通常是由員工就權責範圍先行設定、再交由主管審核修正,所以在程序上,是一種「由下而上」的方式
指標標的	針對組織「未來」策略目標與競爭需求的各項增值性工作產出	針對「過去」行為與績效的檢討、改進
指標構成	強調「財務」與「非財務」指標相結合;除關注「短期」效益之外,亦兼顧組織「長程」發展	以「財務」指標為主,「非財務」指標為輔
指標作用	指標本身不僅傳達結果,也傳遞產生結果的過程	注重對過去績效的評價,績效改進行動與策略需求相關性低
管理工具	關鍵績效指標(KPI)	目標管理(MBO)

實則,企業管理分為「一般性」管理和「策略性」管理,一般性管理偏重營運面;

策略性管理偏重發展面。因此,企業的績效指標也可以區分為「一般性」衡量指標和「策

略性」衡量指標。對企業而言，策略性衡量指標才是攸關企業未來發展的核心，現代企業要想在經營績效上展現更高的競爭力，就必須把焦點從一般性績效指標轉移到「策略導向」績效指標，此即「關鍵」績效指標。

### (五)關鍵績效指標之建立

企業若只是關注 KPI 衡量系統之建立，而未能瞻前(策略系統)、顧後(執行系統)，則個人、部門之作為和公司的策略常無連結，也難產生跨部門的綜效，易形成所謂的「垂直缺口」(Vertical Gap)。另，若僅注視財務面之落後指標，而忽略顧客、內部程序、成長與學習等領先指標，也會造成「水平缺口」(Horizontal Gap)。晚近，諸多企業在導入 KPI 時，為填補前揭水平缺口與垂直缺口，常引用「平衡計分卡」(Balanced Scorecard, BSC)為核心架構。

Robert Kaplan 與 David Norton 於 1992-1996 年間陸續發表四篇 BSC 相關論述，期間，深具創見的企業嘗試引進平衡計分卡，並由初期單純的績效管理系統，漸漸提升為策略管理系統，成效卓著，引起企業界廣泛注意。尤其，以「財務」、「顧客」、「內部程序」與「成長學習」等四個構面構思 KPI，使 KPI 兼具深度(Depth)與廣度(Width)，在實務界廣泛運用。由於平衡計分卡對企業如何發展 KPI 有非常具體的闡述和方法，終使 KPI 的觀念更加發揚光大。

茲由 BSC 之(1)四大構面(2)三大系統(3)導入架構，闡述平衡計分卡在建立關鍵績效指標之應用如下。

### 1.四大構面

傳統績效評估過於重視財務績效，而落入「看後視鏡開車」(Driving by Rear View Mirror)之批評，即財務報表所顯示的是過去的績效，無法對未來的績效提供指引作用。BSC 四大構面讓公司在營運時，不再只關心短期「財務績效」，也能將「內部程序」、「顧客價值」和「成長與學習」等利於企業長期發展的面向，全面性地納入策略考量，以提高企業未來的價值。

平衡計分卡不僅保留傳統財務指標，做為企業整體表現的總結；同時「平衡」地處理不同的重點議題，包括企業的長期和短期目標、財務和非財務指標，也搭配領先和落後指標。依 BSC 四個構面分別設計適當的績效衡量指標，可提供公司營運所需的資訊，又不會使資訊太過龐雜而失去效用，更重要的是可以促進企業策略、目標與願景的達成。

### 2.三大系統

平衡計分卡四大構面皆包括「策略系統」、「衡量系統」與「執行系統」等三大系統。「執行系統」係將策略轉化為具體成果，但是做的對不對，端視其與「策略系統」之連結程度，此乃「效果」(Effectiveness)之概念；而「策略系統」如何執行，則有賴「衡量系統」之有效建構，此即「效率」(Efficiency)之概念。三者必須環環相扣、循序漸進，透過持續溝通，才能建立明確的、切實的、可行的 KPI 績效管理體系。

### 3.導入架構

諸多企業在建立關鍵績效指標時，常只

重視「衡量系統」。惟因衡量系統不僅未能與前端之「策略系統」結合，也未能與後端之「執行系統」結合，故甚難發揮關鍵績效指標之效益與功能。在導入 BSC 架構下，整個組織、部門、個人「聚焦」在策略上，不僅強化行動之邏輯性，亦使上揭問題迎刃而解，茲詮釋如下。

(1)轉化願景為目標、策略

透過管理階層的討論與溝通，澄清公司願景，檢視公司現況與未來間的差距，訂定策略目標及經營策略，依其因果關聯，建立策略地圖。

(2)發展衡量指標

植基於規劃之「目標—手段鏈(Means-Ends Chain)」，上一層級的手段應為下一層級目標制定的基礎。以總公司層級的經營策略為據，依 BSC 四大構面導出各部門目標，進而建立關鍵績效指標，使指標更全面且均衡發展。

(3)執行與回饋

訂定實現關鍵績效指標所須的具體執行方案，賦予必要的資源(預算)，全力推動；經由資訊回饋與定期檢討，獎優罰劣，及時修正。

茲繪示上揭四大構面、三大系統與導入架構如圖 2。

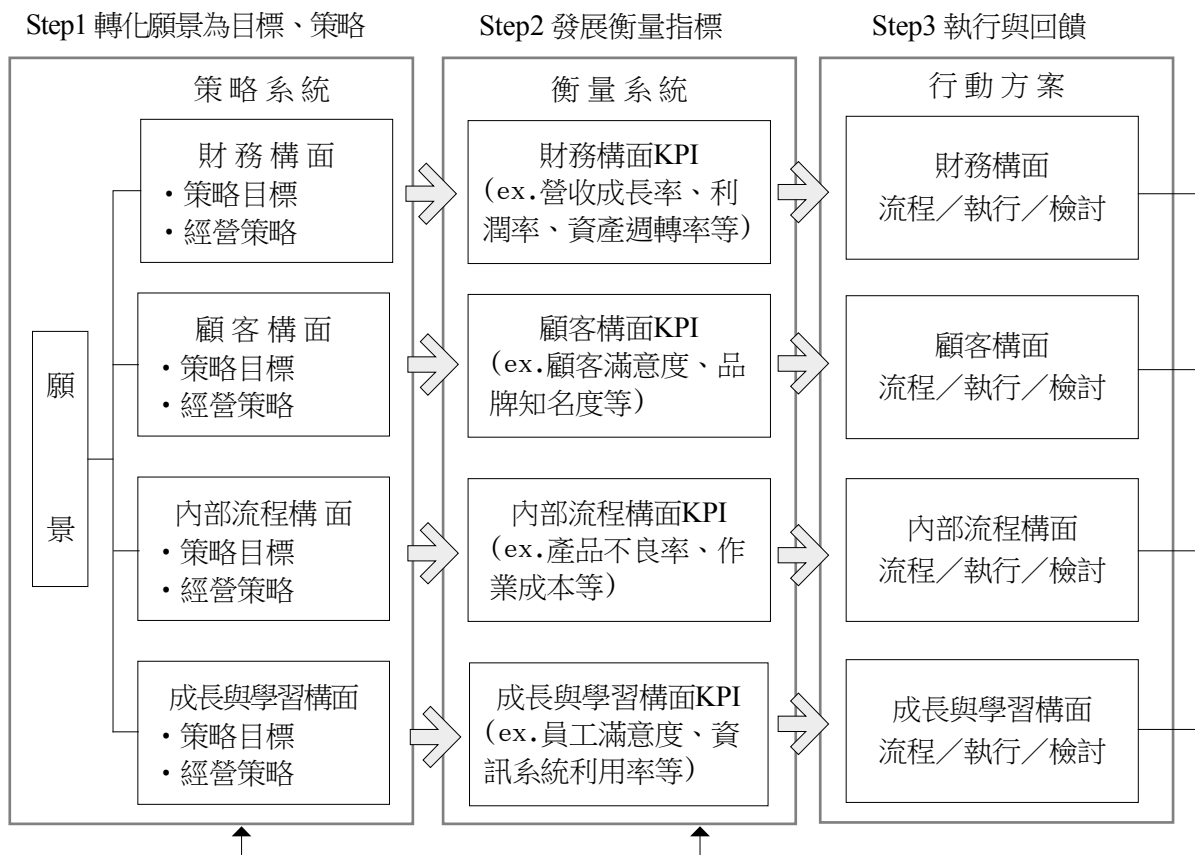


圖 2 以 BSC 建立 KPI 之導入架構

舉例來說，「品牌年輕化」是台灣雅芳總部年度重點策略之一，向下推展為各部門目標，「20~29 歲會員增加數」便成為一個明顯的 KPI；接下來，各部門就以該策略為中心推展活動，如業務部舉辦「千金美眉大募集」，鎖定 20~29 歲的女性推銷產品，公關部投資拍攝偶像劇「愛上千金美眉」及舉辦「尋找雅芳先生」等活動，打開目標消費者對品牌的瞭解度 (Awareness)、興趣度 (Interest)，從而增進業績成長。

### 三、台水責任中心制度之演繹

台水責任中心制度架構，包括「以目標管理為架構」、「以經營策略為核心」、「以合理指標反應績效」、「以分級檢核精神落實執行」、「以各種獎懲措施激勵員工士氣」等。自推行責任中心制度以來，藉由增進自主管理、整合管理制度、強化管理循環、建立成本觀念，已略具成效。惟近年自來水經營環境丕變，挑戰日益嚴峻，台水必須持續精益求精，以新的思維面對變局，築夢踏實，讓沿路之石碑鐫刻台水光榮之足跡。

今日，企業之競爭力取決於其「知識管理」，而企業的價值不再只是企業的願景與策略品質，而是該企業是否有能力將策略成功地落實到日常執行的層面。易言之，策略不僅貴在形成，且貴在實踐。是故，強調以策略為核心，整合組織資源、將策略落實為每一位員工的日常工作的新型組織，所謂的「策略核心組織」(Strategy-Focused Organization, SFO) 方興未艾、蔚為王道，而關鍵績效指標正是趨使組織「聚焦策略」不可忽視的泉

源。

實則，台水責任中心制度歷經多年來的發展與改進，不僅以目標管理為架構，台水身上甚至已擁有 KPI 的 DNA，諸如以經營策略為核心、目標體系之建構，以及兼顧「財務性」與「非財務性」指標等，相當程度上已具備了 KPI 的概念與雛型，但在組織策略學習與傳達方面，尚嫌不足。為期邁向「策略核心組織」，本節聚焦台水 KPI 導向績效管理架構之探討，冀期截長補短、精益求精。茲分由(1)介接前端「策略系統」(2)發展最適績效衡量指標(3)展開後端「執行系統」，闡述如下。

#### (一)介接前端「策略系統」

眾所周知，績效指標須緊密地與策略目標、經營策略連結。因此，在發展績效指標之前，須先展開策略規劃程序，架構台水績效管理之策略系統，以為關鍵績效指標(KPI)制定之準據，同時開啟組織策略學習的序幕。

本公司植基於 QuICK (品質、創新、信賴、專業) 之經營理念，以「提供量足、質優自來水，以提升國民生活水準、促進經濟發展」為使命，期求實現「成為國際級自來水事業」之願景。茲以籌編本公司四年(98~101)經營計畫為例，研析「策略目標」、「經營策略」及其「策略地圖」如下。

##### 1.策略目標

本公司計畫期間(98~101)將面臨「供水不足」、「水質不佳」、「環保團體抗議」、「品牌形象受損」、「財務惡化」、「組織老化」等風險，為規避、移轉、或分散前揭經營風險，研提五項策略目標如表 2。

表 2 「經營風險」與「策略目標」之關聯

經營風險	策略目標
供水不足之風險	聚焦核心，質優量足
水質不佳之風險	
品牌形象受損之風險	從「心」出發，感動顧客
組織老化之風險	專業創新，優化組織
環保團體抗議之風險	節能環保，資源永續
財務惡化之風險	開源節流，健全財務

### 2.經營策略

運用 SWOT 分析所得內、外在環境因子，透過 TWOS 矩陣分析，找尋因子間之關

聯性，據以制定經營策略。彙示前揭四年經營計畫研析所得「策略目標」與「經營策略」之關聯如表 3。

表 3 策略目標與經營策略之關聯

策略目標	經營策略
聚焦核心，質優量足	<ul style="list-style-type: none"> <li>■多元化水源開發</li> <li>■降低漏水率</li> <li>■充實備援備載能量</li> <li>■強化緊急應變機制</li> <li>■加強水質管理</li> </ul>
從「心」出發，感動顧客	<ul style="list-style-type: none"> <li>■啟動體驗行銷</li> <li>■建構高感度客服架構</li> <li>■提升供水普及率</li> </ul>
專業創新，優化組織	<ul style="list-style-type: none"> <li>■啟動體驗行銷</li> <li>■建構高感度客服架構</li> <li>■提升供水普及率</li> </ul>
節能環保，資源永續	<ul style="list-style-type: none"> <li>■實踐綠色主張</li> </ul>
開源節流，健全財務	<ul style="list-style-type: none"> <li>■改善純益率</li> <li>■提高資產週轉率</li> </ul>

### 3.策略地圖

邏輯上，策略有其必然的因果關係。茲引用平衡計分卡的財務、顧客、內部程序及學習與成長等四個構面，檢視上揭策略目標

與經營策略之因果關聯，予以視覺化、圖像化，形成台水公司策略地圖如圖 3，以作為高階管理團隊討論企業方向與優先性的共同語言。

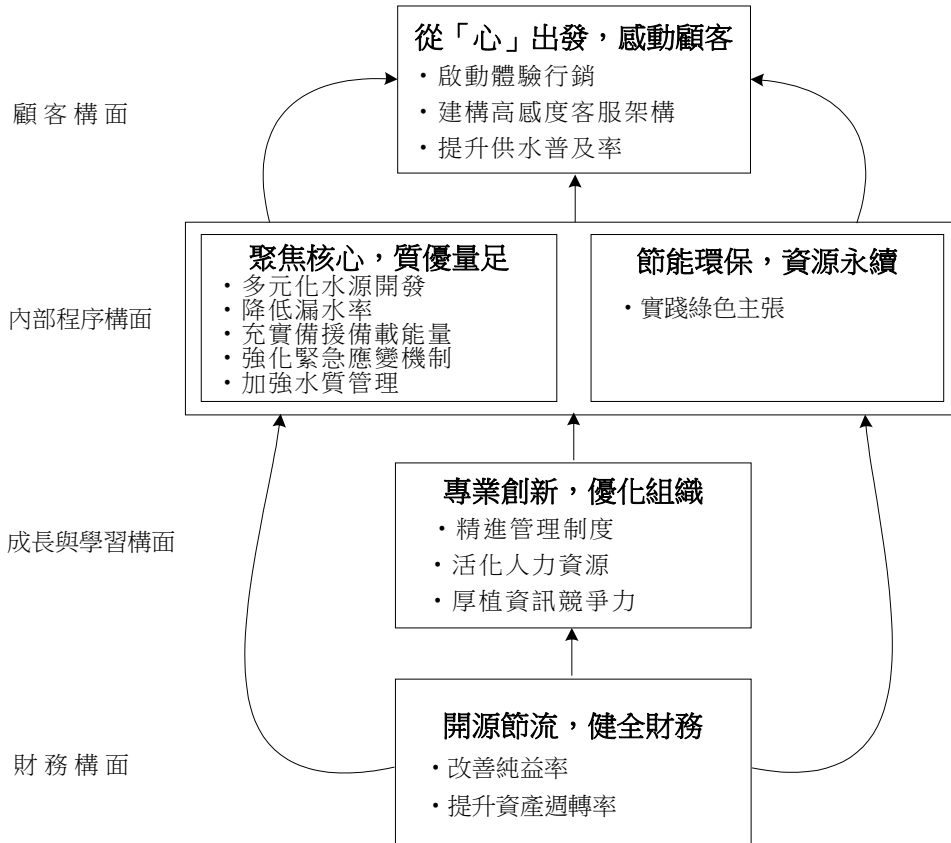


圖 3 台水公司策略地圖

不同於營利事業，「財務利潤」並非公營事業主要追求的目標，財務面只是基本要求或保健因子(Hygiene Factor)，反而應將「顧客構面」置於最重要的地位。惟若無合理利潤，將使事業無法存續，爰將「健全財務」置於策略地圖底部，其雖非最終目標，惟係趨使組織達成其他經營目標的礎石，除支撐「人力資本、資訊資本、組織資本」的提升，推動企業學習與成長，以不斷地改善及創造價值，並維繫價值創造的內部程序，讓企業在「供水」、「顧客服務」、「環境改善」等流程均有所專精，終能為顧客創造量足、質優、服務好的自來水價值。

## (二)發展最適績效衡量指標

策略系統須隨客觀環境的轉變而調整。

不僅策略面須動態調整，衡量系統的指標項目、目標值也要適時調整，才不會用過時或超前的指標評估現在的狀況。因此，必須要有一個動態的、能修改檢討及模擬分析的量測工具，那就是「關鍵績效指標」。茲由 KPI 的精神與內涵出發，結合台水責任中心制度，發展最適績效衡量指標如下。

### 1. 績效指標力求全面且均衡發展

現行台水責任中心制度將衡量指標區分為「財務性指標」與「非財務性指標」，簡單可行。惟為期指標體系更全面且均衡發展，有必要將現行台水績效衡量指標，依「財務」、「顧客」、「內部流程」及「學習與成長」等 BSC 四個構面，將分散的績效指標重新整合。

在訂定 KPI 時，不僅要符合 SMART 原則，還要與企業願景、策略目標、經營策略等相關聯。諸多企業在導入關鍵績效指標時，面對林林總總的績效指標，卻有不知如何挑選 KPI 的困擾。本文依國內資誠企管顧問公司歸納一般企業最常用的 KPI 及其衡量

方法，復參酌國外主要自來水業常見的績效指標，並剔除先天獨佔性事業不適用指標(例如競爭性產業常採用市場佔有率、顧客回流率等)，循 BSC 四大構面臚列自來水事業常見的績效指標如下表 4-1~4-4，以為後續設定關鍵績效指標之基礎。

表 4-1 自來水事業常見關鍵績效指標 (顧客構面)

項次	衡量指標	衡量方式
1	公司形象	公司形象問卷調查
2	各區隔之利潤貢獻數	民生用水、工業用水、機關及其它用水之利潤貢獻數
3	停水復水時間	恢復供水完成日期－停水開始日期
4	帳單或相關資訊失誤率	失誤次數／總作業次數
5	策略性客戶比例	策略性客戶銷售金額／總銷售金額
6	供水戶平均停水時間	平均每戶「計畫型與非計畫型」停水時間
7	供水戶平均停水次數	平均每戶「計畫型與非計畫型」停水次數
8	供水普及率成長數	(本期供水普及率－前期供水普及率)／前期供水普及率
9	顧客滿意度	顧客滿意度問卷調查
10	顧客抱怨比例	每月客訴次數
11	服務態度投訴案件	每月用戶投訴有關服務態度案件次數
12	品質技術投訴案件	每月用戶投訴有關品質技術案件次數
13	解決顧客問題或抱怨所需時間	平均解決每位顧客問題或抱怨所需時間
14	每員工平均負擔用戶數	用戶數／總員工數
15	新裝收入	用戶新設給水裝置收入
16	給水收入	為銷售水量收入及基本費收入
17	輿情處理	每則電子及平面媒體刊載之重大輿情之相關處理作為及反應時間

表 4-2 自來水事業常見關鍵績效指標 (內部程序構面)

項次	衡量指標	衡量方式
1	製造成本降低率	(本期製造成本－上期製造成本)／上期製造成本
2	售水率	售水量／供水量
3	漏水率	(配水量－抄見量－無費有效水量)／配水量
4	汰換管線長度	實際汰換管線長度／計畫汰換管線長度
5	檢漏管線長度	實際檢漏管線長度／計畫檢漏管線長度
6	停水時間	(各區處供水戶數*年平均每戶停水時間)／本公司總供水戶數
7	停水次數	(各區處供水戶數*年平均每戶停水次數)／本公司總供水戶數
8	水質合格率	各環保單位抽驗本公司水質合格總件數／各環保單位抽驗本公司總檢驗件數
9	工程執行效率	全年度執行數／全年度可支用數
10	淨水單元目標水質達成率	符合目標水質之樣本數／總檢測樣本數
11	機械儀控設備故障率	故障台數／總台數
12	行政效率	公文平均結案時間
13	緊急備料效率	從請購物料到滿足顧客需求所經過的時間
14	工安事故次數	發生可能危及員工工作安全及健康之事故次數
15	環保事故次數	發生環境破壞或受罰案件次數
16	環境保護與污染防治預算增加率	(本期環保有關預算－上期環保有關預算)／上期環保有關預算

表 4-3 自來水事業常見關鍵績效指標（成長與學習構面）

項次	衡量指標	衡量方式
1	研發能力	公司專利個數
2	研發費用比例	研發費用／總費用
3	員工提案數	每月提案總數／總員工數
4	基礎研究投入時數	每週基礎研究投入時數
5	瀕退員工比率(%)	三年內退休員工人數／總員工數
6	員工平均受訓程度	總受訓時數／總員工數
7	員工流動率	(本期員工數－上期員工數)／上期員工數
8	員工擁有證照比例	員工平均持有證照數
9	員工認同度	員工認同度問卷調查
10	新產品開發成功率	新產品開發成功數／總產品開發數
11	職業傷害降低率	(本期職業傷害數－上期職業傷害數)／上期職業傷害數
12	員工平均訓練費用	每名員工平均訓練費用
13	員工滿意度	員工滿意度調查表
14	平均員工產值	營業收入／總員工數
15	生產力成長率	(本期員工產值－上期員工產值)／上期員工產值
16	招募員工能力	平均職缺補足時間(天)
17	資訊系統更新率	每年資訊系統更新金額

表 4-4 自來水事業常見關鍵績效指標（財務構面）

項次	衡量指標	衡量方式
1	平均資產總額	(期初資產總額+期末資產總額)÷2
2	獲利率	總利潤／總資產
3	採購績效	實際採購金額／預算金額
4	員工平均產值	總收入／總員工數
5	員工平均獲利	總利潤／總員工數
6	資產報酬率	稅後淨利／平均資產總額
7	股東權益報酬率	本期純益／平均股東權益
8	銷貨毛利率	銷貨毛利／銷貨淨額
9	負債比率	總負債／總資產
10	速動比率	速動資產／流動負債
11	流動比率	流動資產／流動負債
12	給水投資報酬率	給水稅後純益／平均股東權益
13	人事費用比例	人事費用／營運費用
14	業務開發費用比例	業務開發費用／管銷費用
15	單位給水成本	總銷售成本／供水量
16	營業外收入成長率	(本期營業外收入－前期營業外收入)／前期營業外收入
17	閒置土地處理及活化不動產處理率	本期達成處理總額／(前期餘額+本期發生額)

## 2. 績效指標與經營策略之緊密結合

並非所有的績效指標都是關鍵、重要的。由於組織資源有限，指標項數不宜過多，通常一個被考評單位每年僅應有 3-5 項目。尤其，不同組織之策略屬性不一，因此，必須先建立一套具專屬性且適宜可行的績效指

標，進而從績效指標中慎選「直接的」、「重要的」影響企業經營成效的「關鍵」績效指標，以衡量與提升單位、個人的績效表現。

本公司於每年底召開檢討績效指標會議，根據未來經營策略及過去成長的軌跡，再加上「期許和信心」，決定新年

度的 KPI 項目及其數值，以做為下年度各部門管理重心、資源配置及績效考核的依據。茲以前揭本公司四年(98~101)經

營計畫研析之策略系統為例，繪示總管理處一級責任中心 KPI 指標與量度如圖 4。

策略目標	經營策略	關鍵績效指標	
		指標	量度
顧客 	<ul style="list-style-type: none"> <li>啟動體驗行銷</li> <li>建置高感度客服架構</li> <li>提升供水普及率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>顧客對新功能的滿意程度</li> <li>顧客抱怨比例</li> <li>供水普及率成長數</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-%</li> <li>-%</li> <li>-%</li> </ul>
		內部程序 	<ul style="list-style-type: none"> <li>多元化水源開發</li> <li>降低漏水率</li> <li>充實備援備載能量</li> <li>強化緊急應變能力</li> <li>加強水質管理</li> <li>實踐綠色主張</li> </ul>
成長與學習 	<ul style="list-style-type: none"> <li>精進管理制度</li> <li>活化人力資源</li> <li>厚植資訊競爭力</li> </ul>		
		財務 	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善純益率</li> <li>提升資產週轉率</li> </ul>

圖 4 台水「策略目標—經營策略—績效指標」示意圖 (虛擬)

一級責任中心 KPI 既經設立，再逐級向下設定二、三級責任中心之 KPI，而其中最重要的原則就是「上下掛鉤，逐級展開」。也就是說，當 KPI 層層往下展開，「掛鉤」是很重要，下一級的 KPI 應以達成上一級 KPI 為前提，如果下一級的 KPI 的達成無法確保上一層 KPI 的達成，就代表 KPI 的不當「連結」。

各單位選定適當的績效指標後，需針對「指標名稱、單位、權責部門、重要性權數、定義、目的、公式、名詞說明、現況數值、評分公式、目標值」等項目之定義予以規範、

說明，以做為各部門績效指標考核評分標準。

### (三)展開後端「執行系統」

為確保 KPI 目標值的達成，必須研訂相對應的行動方案（涵括指定負責部門、擬定執行細節等），並據以編列年度預算。另，惟有與獎酬相連結，才能激發員工落實執行，以實現策略目標。

例如，「實踐綠色主張」為台水年度重點策略之一，設定「用水、用電、用油負成長」為其關鍵績效指標。其後，各業務部門以該策略為中心，判定並推動達成該成果之執行

計畫，如行政部門「落實綠色採購計畫」，採購具綠色價值的商品；營業部門「加強綠色行銷計畫」，宣導節約用水、推廣電子帳單；供水、工務、水質部門「推動綠色生產計畫」，辦理淨水場營運效能評估及輔導、ISO 環保

認證、綠色工法等；環保部門「導入環境會計計畫」等，以確保 KPI 目標值之達成。

茲繪示「策略目標→經營策略→關鍵績效指標→執行方案」之績效管理架構示意圖如圖 5。

策略目標	經營策略	關鍵績效指標		執行方案
		指標	量度	
顧客 從心出發，感動顧客	<ul style="list-style-type: none"> <li>啟動體驗行銷</li> <li>建置高感度客服架構</li> <li>提升供水普及率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>顧客對新功能的滿意程度</li> <li>顧客抱怨比例</li> <li>供水普及率成長數</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-%</li> <li>-%</li> <li>-%</li> </ul>	略
內部程序 聚焦核心，質優量足 節能減碳，資源永續	<ul style="list-style-type: none"> <li>多元化水源開發</li> <li>降低漏水率</li> <li>充實備援備載能量</li> <li>強化緊急應變能力</li> <li>加強水質管理</li> <li>實踐綠色主張</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統供水能力增加數</li> <li>漏水率</li> <li>汰換管線長度</li> <li>配水率</li> <li>停水時間</li> <li>停水次數</li> <li>水質合格率</li> <li>用水、用電、用油負成長</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-%</li> <li>-%</li> <li>-%</li> <li>-%</li> <li>-天</li> <li>-次</li> <li>-%</li> <li>-%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>落實綠色採購計畫</li> <li>加強綠色行銷計畫</li> <li>推動綠色生產計畫</li> <li>導入環境會計計畫</li> </ul>
成長與學習 專業創新，優化組織	<ul style="list-style-type: none"> <li>精進管理制度</li> <li>活化人力資源</li> <li>厚植資訊競爭力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究發展</li> <li>每位員工平均負擔用戶數</li> <li>員工平均訓練費用</li> <li>資訊系統更新速度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>--億元</li> <li>--戶數</li> <li>--億元</li> <li>--件數</li> </ul>	略
財務 開源節流，健全財務	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善純益率</li> <li>提升資產週轉率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水收入</li> <li>新裝收入</li> <li>成本降低率</li> <li>閒置土地處理及活化不動產</li> <li>工程執行效率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>--億元</li> <li>--億元</li> <li>--%</li> <li>--件數</li> <li>--%</li> </ul>	略

圖5 台水KPI導向之績效管理架構示意圖(虛擬)

本公司定期透過(1)衡量指標實際值與目標值的比較(2)相關策略目標所屬衡量指標值的統計分析(3)行動方案運作情況掌握等回饋資訊，據以修訂策略地圖內各策略目標因果關聯、績效指標與量度的適切性等。透過不斷的檢討、修正與調整，經由策略之調整，冀求達成組織目標。

易言之，經由建立「策略目標→經營策略→關鍵績效指標→執行方案」之績效管理架構，本公司將現行責任中心制度納入關鍵績效指標之精神與內涵，讓「衡量系統」不僅與前端之「策略系統」結合，亦能與後端之「執行系統」連結，趨使台水經營團隊為達成目標、解決問題，藉助策略性的因果思

考，期能成為「策略核心組織」。

#### 四、結語—秋水共長天一色

策略係外部導向，偏重外在環境變動之應對；而管理是內部導向，強調組織內部有限資源之整合。策略對企業長期績效影響深遠重大，而其貫徹與落實則須賴有效的管理，方能竟其功。近年，諸多成功企業透過「策略導向」關鍵績效指標之管理模式，讓策略目標與績效指標更有效地緊密連結，協助企業確實地、有效地將策略付諸執行。

一代管理宗師 Peter Drucker 曾說：「沒有衡量，即非管理 (No Measurement, No Management)。」一語道破績效衡量對企業管理的重要性。申言之，員工的績效表現及可能獲得的報酬，取決於績效衡量指標項目；因此，藉由績效指標的建立，自然地會對員工的努力方向產生影響或引導作用，使其個人目標能與組織策略目標趨於一致。無論是關鍵績效指標或平衡計分卡的提出，著實成就了一套有效的績效管理系統，引導員工為自身績效、也為企業策略目標而努力，使成功的定義變得具體、明確。

要言之，KPI 績效管理制度一則經由願景、目標、策略的結合，確認什麼是「對的事」(Do the Right Things)；另則，透過 KPI 的界定及行動方案的管理，是一個能夠嚴格督促各單位「把事情做好」(Do the Things Right) 的策略績效管理工具。如此，經由 KPI 與 BSC 之結合，方能把對的事做到最好(Do the Right Things Right)。

無可諱言的，囿於慣性，員工面對新觀念或新制度，通常是抗拒的，有賴持續地教育與溝通，採取動態微調方式，經由台水責任中心制度與「策略導向」關鍵績效指標有效結合，期能提升績效管理制度之效益，引領台水「向前、向上、向善」。

經營環境丕變，本公司面對之挑戰日益嚴峻。此刻，正面臨 Intel 創辦人 Andrew Grove 所指稱的策略轉折點(Strategic Inflection Point)，必須因應情勢，以新的思維面對變局，持續精益求精、茁壯成長，才能讓台水金字招牌於歷史長河中永遠光輝燦爛。

#### 參考文獻

- 1.李珊珊，“平衡計分卡發展關鍵績效指標之介紹”，國研科技季刊，民國96年。
- 2.陳正平譯(Kaplan and Norton 著)，“策略地圖”，臉譜出版社，民國93年。
- 3.黃武星，“從策略管理觀點探討平衡計分卡導入責任中心制度之研究—以台電公司為例”，中原大學企管所未出版碩士論文，民國97年。
- 4.Campbell, D. J. and Lee C., “Self Appraisal in Performance Evaluation”, Academy of Management Review, 1988.
- 5.Kaplan R. S. and Norton D. P., “Linking the Balanced Scorecard to Strategy”, California Management Review, 1996.

#### 作者簡介

##### 陳福田先生

現職：台灣自來水公司總經理

專長：工程管理、策略管理、績效管理

# 飲用水水質處理藥劑次氯酸鈉不純物品質管制項目增列溴酸鹽

文/江弘斌

## 一、前言

飲用水管理條例於民國 61 年 11 月 10 日公布，全文 21 條。該條例歷經多次修正或修訂，最新修訂版本（全文 31 條），則於民國 95 年 1 月 27 日公布施行<sup>[1]</sup>。條例中第十三條規定，飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關公告者為限。依此環保署於 87 年 3 月 31 日公告硫酸鋁等 11 種藥劑及磷酸鹽化合物為飲用水水質處理藥劑<sup>[2]</sup>，其中包括次氯酸鈉。所公告次氯酸鈉藥劑編號 008，藥劑中文名稱：次氯酸鈉，藥劑英文名稱：Sodium Hypochlorite，分子式：NaOCL，品質管制項目應符合下列之規定：

項目	品質
砷 (As)	1 ppm 以下
鎘 (Cd)	1 ppm 以下
鉛 (Pb)	1 ppm 以下
汞 (Hg)	0.2 ppm 以下
鉻 (Cr)	2 ppm 以下

有關淨水處理過程需加入氯或次氯酸鈉等藥劑主要係作為消毒滅菌用途，也兼作氧化劑使用，以確保供水符合飲用水水質標準，保障飲水之衛生安全。早期台灣大多使用加氯（液氯）消毒，鑑於用氯之危險性，近年來除郊外離群較遠之大淨水場外，已紛紛改用安全性較高之次氯酸鈉作為消毒劑。惟近年來歐美日等先進國家因陸續發現次氯酸鈉中含有溴酸鹽（英國學者發現英國之次氯酸鈉液中含有溴酸鹽<sup>[3]</sup>，法國供應巴

黎飲水之 SAGEP 公司發現次氯酸鈉液中含有 82-857mg/L 不等的溴酸鹽<sup>[4]</sup>），開始對次氯酸鈉中溴酸鹽含量等作出相關規定，環保署經審慎評估溴酸鹽對人體健康影響、國內淨水處理技術、檢驗分析方法、製造業對產品要求製程的改善、對自來水業者成本效益之衝擊、以及讓自來水事業有充份時間因應對策等，經數次官、學、產協商後，乃於 96 年 12 月 26 日公告淨水用藥次氯酸鈉增列不純物項目溴酸鹽，其上限值為 50mg/kg，其施行日期為自公告後兩年，亦即 98 年 12 月 26 日正式施行。在此同時亦擴大規範所有飲用水之水質標準中溴酸鹽含量不得超過 0.01 mg/L<sup>[5]</sup>，自 99 年 1 月 2 日正式施行（原飲用水水質標準中，因臭氧淨水處理會導致水中溴離子轉化為溴酸鹽，故僅規範有使用臭氧處理之淨水場供水方需檢測溴酸鹽，控制溴酸鹽含量在 0.01mg/L 以下）。本文乃針對淨水用藥次氯酸鈉納入溴酸鹽及水公司因應等事宜之來龍去脈進行探討與整理。

## 二、淨水用藥次氯酸鈉與飲用水中溴酸鹽上限值訂定之始末

環保署經諮詢學者，原先規劃草案是淨水用藥次氯酸鈉中不純物溴酸鹽含量不得超過 10 ppm，最大使用劑量不得大於 10 mg/L（以有效氯計；其相當於 10%NaOCL 100mg/L 劑量），飲用水中溴酸鹽最大限值 10<sup>-2</sup> mg/L。在淨水用藥次氯酸鈉方面，由於水公司全台灣各地淨水場使用 10%NaOCL

淨水處理消毒仍有少數場於少數時間使用劑量超過 100mg/L 者，經與環保署進一步協商獲致不訂使用劑量之結果，在次氯酸鈉中不純物溴酸鹽含量方面，經水公司進行如下演算：

假設 NaOCl 不純物溴酸鹽上限值 100mg/kg，填加上限劑量 100mg/L：

$$100\text{mg/kg} \times 100\text{mg/L} = 10^2 \text{ mg/L}$$

依此 NaOCl 不純物溴酸鹽上限值 100mg/kg，填加上限劑量 100mg/L 即可滿足 2010 年 1 月 2 日飲用水水質標準中溴酸鹽不超過 0.01mg/L 之需求。惟依照美國 NSF(National Sanitation Foundation) NSF/ANSI Standard 60 對次氯酸鈉中不純物溴酸鹽含量之規定，以次氯酸鈉最大使用劑量 10 mg/L (以有效氯計)，填加於淨水處理後對飲水中溴酸鹽之貢獻量不得超過飲水中溴酸鹽最大限值 0.01 mg/L 之 50%，即 5  $\mu$ g/L (此即其 Single Product Allowable Concentration SPAC) 估算，依下列數學式演算：

$$\square \times 10 \text{ mgCl}_2/\text{L} = 5 \mu\text{g/L}$$

相當於

$$\square \times (10\%)100 \text{ mg/L} = 5 \mu\text{g/L}$$

$$\square = 50 \text{ mg/kg}$$

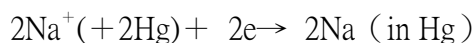
推估環保署因而將淨水用藥劑 10% NaOCl 所含溴酸鹽之不純物含量上限值訂為 50PPM。此與 NSF 核准淨水藥劑 NaOCl 廠商清單 Dixichor 所列 10%NaOCl 溴酸鹽含量上限值 48PPM，使用劑量 105mg/L 相當<sup>[6]</sup>。

### 三、次氯酸鈉產製與溴酸鹽

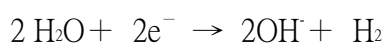
經去硬度、過濾之純化濃鹽水經電解後陽極產生氯氣、陰極產生氫氣和氫氧化鈉溶液。產生之氯氣則和氫氧化鈉溶液反應可產

製次氯酸鈉溶液。早期採用汞電極法產製氯氣和氫氧化鈉，因產品和環境容易帶入汞污染，現大部份碱氯工業已改用隔膜法或薄膜法(截至 2006 年，約 86%產製氯氣已改用隔膜或薄膜法，僅剩下約 13%採用汞電極法。隔膜法也因用到石棉，逐漸沒落或被禁用，薄膜法為現今主流)，三種產製碱氯法說明如圖 1、2、3 所示<sup>[7]</sup>。

汞電極法化學反應式如下：



隔膜法或薄膜法化學反應式如下：



次氯酸鈉由  $\text{Cl}_2$  及 NaOH 產製，化學反應式如下：



次氯酸鈉產製宜維持在高 pH 及 40°C 以下較低溫條件進行之，較高溫條件下次氯酸鈉易轉化成氯酸鈉  $\text{NaClO}_3$ ：



是以次氯酸鈉不宜在高溫環境下貯存，而事實上主流產製  $\text{NaClO}_3$  之電解法製程必要條件即為較低 pH 及高溫。

早在 1997 年或更早時候陸續就有次氯酸鈉溶液含有溴酸鹽之報導，稍後美國氯協會 (The Chlorine Institute, Inc.) 展開調查，結果發現英國之地區次氯酸鈉溶液溴酸鹽含量普遍高於美國地區者，而使用次氯酸鈉溶液之淨水場因而會將溴酸鹽帶入清水中，該協會於 1998 年將此資訊告知美國環保署。次

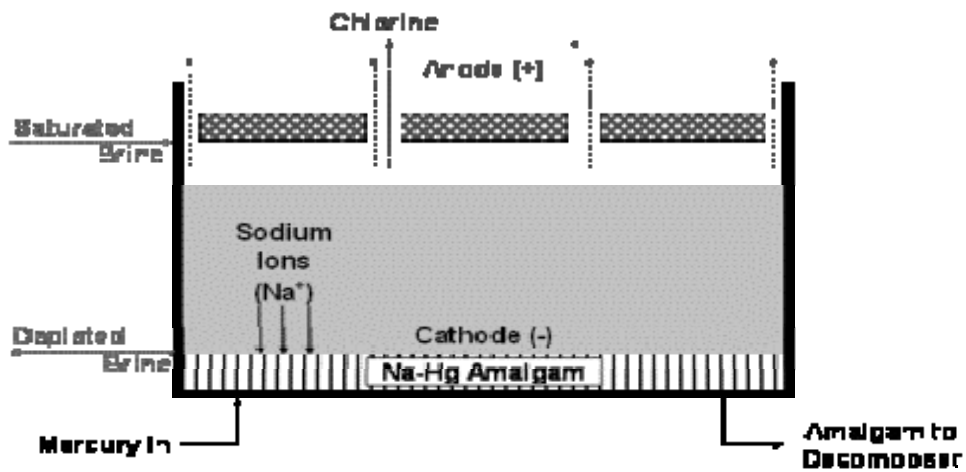


圖 1 汞電解法產製碱氣

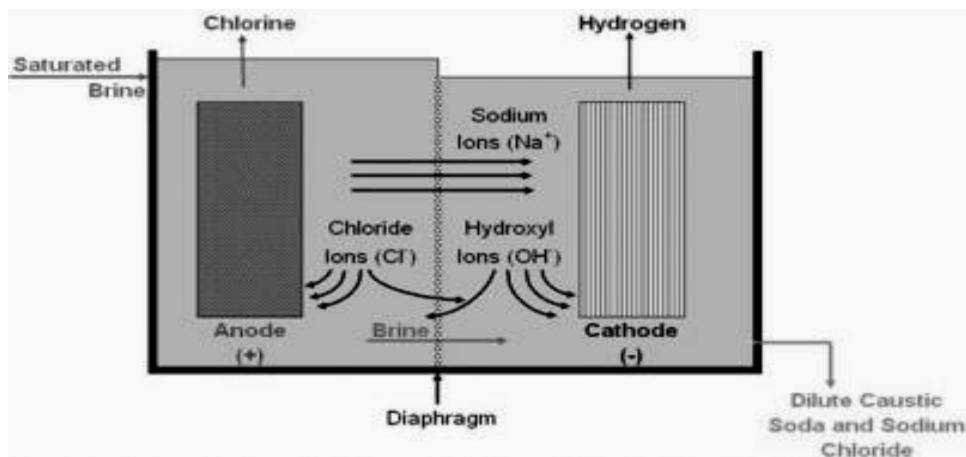


圖 2 隔膜電解法產製碱氣

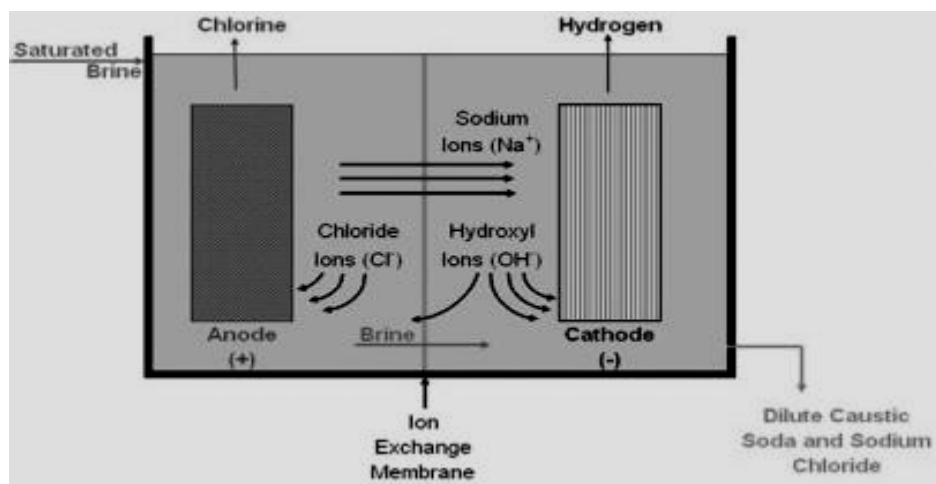


圖 3 薄膜電解法產製碱氣

氯酸鈉溶液會含有溴酸鹽係因其原料濃鹽水中含有溴離子（典型鹽度 35 之海水氯離子含量 1.94%，溴離子含量 0.0067%）<sup>[8]</sup>，經電解程序後產生溴酸鹽，工業界產製的次氯酸鈉溶液中溴酸鹽含量會依原料來源、製程方式而有不同。電解時以汞電極法或薄膜法電解濃食鹽水時溴化物在陽極被氧化進入氯氣內，以隔膜法電解濃食鹽水時 70-80% 溴化物則跑到氫氧化鈉液內<sup>[9]</sup>。製造次氯酸鈉溶液之兩大原料為氯氣和氫氧化鈉，純產製次氯酸鈉溶液之廠商（非碱氯工業原廠）可依上述特性適當選購低溴之氯氣和氫氧化鈉來製造 NaOCl，以降除次氯酸鈉溶液中之溴酸鹽。現今薄膜法碱氯工廠主要產品為氯和氫氧化鈉（及鹽酸），副產品次氯酸鈉溶液係用氫氧化鈉中和吸收由 depleted brine 趕出之廢氯氣製成者，會含有較多的溴酸鹽（可為一般漂白水用途），但如採用純化氯氣（其過程包括冷卻、乾燥、壓縮、液化、氣化）本身溴含量已減少，可適時減除溴之再進一步與氫氧化鈉反應以產製低溴酸鹽含量之次氯酸鈉液。台灣碱氯工業業者志氯與義芳已同意產製低溴酸鹽含量之次氯酸鈉液供台灣自來水業者使用。此外國外也有專利發表產製低溴酸鹽含量之次氯酸鈉液之工藝<sup>[9]</sup>。

#### 四、溴酸鹽（Bromate）對健康之影響<sup>[10, 11]</sup>

溴酸鹽溶在水中呈穩定狀態，25°C 時溶解度為 75gram/L，其不具揮發性而具氧化劑特性，常會氧化有機物使其還原為溴離子。除了唾液和血液外，溴酸鹽能被體內組織能以大於 84% 的效率分解成溴離子。溴酸鹽為較高毒性化學物質，可導致不可回復之腎衰

竭、耳聾、甚至死亡。Mack 曾回顧溴酸鹽毒性案例，發現攝入一小時後出現急毒性效應，胃腸症狀包括反胃、嘔吐、肚痛、下瀉，接著中樞神經受壓制而呈現愛睏或昏睡，這些症狀為可回復者。曾有報導老鼠口服和腹膜內注射 LD50（以 Bromate 計）分別為 289-471 mg/kg 及 177mg/kg body weight。在致癌性方面，附屬於世界衛生組織（WHO）的國際癌症研究所（IARC）綜合各方研究，對溴酸鹽作出結論，認為雖然沒有適當證據顯示溴酸鹽對人致癌，確有足夠證據顯示溴酸鉀對試驗動物的致癌性，因而被歸類為 Group 2B（對人類可能致癌），生物體內（in vivo）及體外（in vitro）試驗結果，顯示溴酸鹽具不一之突變性，推算連續 70 年飲用含  $2 \mu\text{g/L}$  溴酸鹽之飲水生命週期致癌風險為  $10^{-5}$ ，惟考量分析溴酸鹽能力與處理溴酸鹽能力將其指引值（guideline value）定為  $10 \mu\text{g/L}$ 。

#### 五、美國淨水用藥次氯酸鈉納入規定簡述<sup>[12, 13]</sup>

飲用水中臭氧淨水處理或次氯酸鈉淨水處理消毒為兩個主要溴酸鹽來源，美國在 1998 年 12 月 16 日公佈的第一階段 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule 要求地面水或受地面水直接影響之地下水且供水人口數超過 1 萬人以上之供水系統其供人飲用之水自 2002 年 1 月 1 日起必須符合第一階段 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule 之規定，地面水或受地面水直接影響之地下水且供水人口數小於 1 萬人以下及所有地下水之供水系統其供人飲用之水自 2004 年 1 月 1 日起必須符合第一階段 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule 之規定，其中對溴酸鹽最大限值訂為 0.01

mg/L，有使用臭氧處理者須每月監測而以年平均平均值定其符合規定與否。使用次氯酸鈉處理消毒者毋需監測供水中之溴酸鹽，但須使用 NSF 認證，符合 ANSI/NSF Standard 60 或 AWWA Standard for Hypochlorites (B300-04) 對溴酸鹽含量規定之次氯酸鈉液<sup>[14]</sup>，目的在進行源頭管制。經 NSF 認證核可之淨水氧化消毒用次氯酸鈉液包括（一）低溴酸鹽含量次氯酸鈉液（二）一般等級溴酸鹽含量次氯酸鈉液兩種等級<sup>[15,16]</sup>。

## 六、水公司次氯酸鈉液新規格及啟用

為因應環保署新修訂的次氯酸鈉藥劑中有關溴酸鹽不純物上限 50ppm 之規定，水公司已於 2009 年下半年陸續要求各區管理處啟動新規格次氯酸鈉之採購，水公司次氯酸鈉液新規格如表 1 所示。水公司提早啟動之目的在於庫存之舊次氯酸鈉液要在 2009.12.26 日前用完及新的次氯酸鈉液要完成採購、進駐、通過驗收備用。值得注意的是水公司次氯酸鈉液新規格中溴酸鹽不純物上限定為 40ppm，主要係因為要（一）符合飲用水管理條例第十三條規定（二）降低飲用水管理條例第十八條規定造成之困擾（三）壓低加次氯酸鈉於處理水中對清水溴酸鹽含量的貢獻度，且在次氯酸鈉生產廠商能做得到的範圍。水公司於 2009 年下半年（主要在 8-12 月間）新採購次氯酸鈉液中之溴酸鹽含量均經第三者檢驗機構檢驗皆已降低至 40mg/kg 以下（絕大部份在 15-25mg/kg 之間），符合環保署所訂溴酸鹽含量在 50mg/kg 以下之要求。環保署於 2010 年 6-8 月間曾對水公司各淨水場之次氯酸鈉液選擇性的進行較大規模篩測共發現有 4 個樣品之溴酸鹽含量超過 50 ppm，經各個案檢討極

可能係使用到舊存的次氯酸鈉液、或是加藥管線中之舊次氯酸鈉液未徹底清出、或是氯酸鈉液經銷商使用同一槽車混載廢水/工業用/家庭用/自來水用氯酸鈉液所致(槽車內廢水/工業用/家庭用氯酸鈉液殘存量多寡勢必影響到續載自來水用氯酸鈉液中溴酸鹽含量的增加,尤其是第一車轉換的時候)；隨著舊新次氯酸鈉液過渡轉換期的結束及水公司從業人員進一步的檢討，相信未來改善可期。

表 1 台灣自來水公司次氯酸鈉規格

### 1.主成分

項目	品質標準
外觀	淡黃色透明液體
有效氯	10%以上
游離鹼	2.0%以下
水不溶物	0.01%以下

### 2.不純物

項目	品質標準
砷 (As)	0.8 ppm 以下
鎘 (Cd)	0.8 ppm 以下
鉛 (Pb)	0.8 ppm 以下
汞 (Hg)	0.16 ppm 以下
鉻 (Cr)	1.6 ppm 以下
溴酸鹽	40 ppm 以下

備註：依據中國國家標準 (CNS 3397) 及環保署公告研訂

## 七、新規格次氯酸鈉對台灣供水中溴酸鹽含量數據顯示改善

環保署於 96 年 12 月 26 日公告淨水用藥次氯酸鈉增列不純物項目溴酸鹽上限值為 50mg/kg，在此之前水公司曾委託環保署環境檢驗所及弘光科技大學黃文鑑教授針對淨水用次氯酸鈉中溴酸鹽含量進行抽驗，結果發現溴酸鹽含量自 57mg/L 至 678mg/L 不

等，絕大多數次氯酸鈉中溴酸鹽含量落在 100-500 mg/L 之間，各地淨水場清水中溴酸鹽原委請水公司七區處檢驗室（稍後則改為 2、7、10、11 責任分區）檢驗，其含量超過 0.01 mg/L 者時有出現，此應和次氯酸鈉中溴酸鹽含量、所加劑量、原水中溴離子含量、水中 pH、是否有抑制溴酸鹽生成之成份存在有關，尤以前三者影響重大。茲舉數個較有差異性案例說明各個淨水場清水中溴酸鹽含量情形。

#### （案例 1）澄清湖淨水場：

位於高雄之澄清湖淨水場是台灣使用臭氧處理之淨水場，該場採臭氧處理、結晶軟化、生物性活性碳、及氯氣消毒。整場自運轉以來一直對出水中之溴酸鹽進行檢測把關之工作，表 2 為其近三年第四季之溴酸鹽含量之典型數據（含豐水期之 9 月、過渡期之 11 月及枯水期之 12 月），顯示其運作在控管溴酸鹽方面，符合飲用水水質標準：

表 2 近三年澄清湖淨水場清水之溴酸鹽含量一覽表

檢測日期	水樣別*	溴酸鹽 mg/L
2007/09/27	清水	0.0060
2007/10/23	清水	0.0081
2007/11/22	清水	0.0007
2007/12/20	清水	0.0013
2008/09/04	清水	0.0018
2008/10/15	清水	0.0011
2008/11/07	清水	0.0021
2008/12/05	清水	0.0018
2009/09/10	清水	0.0051
2009/11/05	清水	0.0067
2010/06/17	清水	0.0040
2010/07/07	清水	0.0021

\* 澄清湖淨水場清水，使用氯氣消毒（未使用次氯酸鈉）

#### （案例 2）台西營運所麥寮第一淨水場：

本淨水場位於雲林縣，靠近麥寮、台西處之小型地下水源淨水場，使用次氯酸鈉消毒。表 3 顯示使用舊規範次氯酸鈉(較高溴酸鹽量)淨水處理消毒常致其清水之溴酸鹽含量超過 0.01mg/L，可能和水源中溴離子含量、次氯酸鈉溴酸鹽含量及淨水處理消毒所加劑量(次氯酸鈉久置強度降低，加上淨水處理鐵、錳等，導致淨水處理消毒所加劑量增加，因而導入更多溴酸鹽於清水中) 等因素有關。惟自 2010/01/01 使用新規範次氯酸鈉(低溴酸鹽量)後清水中溴酸鹽已見明顯降低，且在 0.01mg/L 以下。

表 3 近二年麥寮第一淨水場清水之溴酸鹽含量一覽表

檢測日期	水樣別*	溴酸鹽 mg/L
2008/02/14	清水	0.0066
2008/05/06	清水	0.0173
2008/08/06	清水	0.0172
2008/11/07	清水	0.0133
2009/01/09	清水	0.0175
2009/04/09	清水	0.0176
2009/07/09	清水	0.0129
2009/10/09	清水	0.0131
2010/03/17	清水	0.0004
2010/06/17	清水	0.0056

#### （案例 3）澎湖營運所馬公海淡廠：

本海淡廠屬 RO 逆滲透處理廠，膜後水已相當乾淨，採次氯酸鈉消毒，表 4 顯示近二年馬公海淡廠清水之溴酸鹽含量無超過 0.01mg/L 之虞。

表 4 近二年馬公海淡廠清水之溴酸鹽含量一覽表

檢測日期	水樣別*	溴酸鹽 mg/L
2008/04/11	清水	0.0007
2008/05/16	清水	ND
2008/10/13	清水	ND
2009/03/05	清水	0.0030
2009/09/29	清水	0.0025
2010/02/24	清水	0.0048
2010/05/20	清水	0.0018

**(案例 4) 澎湖營運所成功淨水場：**

本淨水場使用成功水庫水為原水，成功水庫水來源主要靠降水及機場附近排水，因蒸發性高，並受近海之影響，其特性為含有鐵、錳、氨氮，另總有機碳、化學需氧量、硬度、總溶解固體量及氯離子量高，且含有溴離子。淨水處理所加次氯酸鈉劑量較高，將溴離子轉換成溴酸鹽及加次氯酸鈉導入溴酸鹽於清水的量因而增加，表 5 為近二年澎湖營運所成功淨水場清水之溴酸鹽含量一覽，顯示 2009 年上半年以前其清水之溴酸鹽大多超過 0.01mg/L，而新近開始使用低溴酸鹽含量之次氯酸鈉液淨水處理，清水中之溴酸鹽已明顯降低，且降至 0.01mg/L 以下。

水公司依水質檢驗規範規定，出水量 1 萬 CMD 以上及 1 萬 CMD 以下之淨水場分別季檢驗及半年檢驗其清水中溴酸鹽乙次，依水公司實驗室資訊管理系統 (LIMS) 統計結果，2009 年共計有 74 個 Samples 溴酸鹽含量超過 0.01 mg/L，主要來自澎湖離島地區、台灣西部沿海部份地區及原水含溴離子地區，顯示清水中溴酸鹽除與淨水處理消毒藥劑次氯酸鈉液中溴酸鹽含量有關外，也與原水中溴離子明顯相關。2010 年開始使用低溴酸鹽含量之次氯酸鈉液淨水處理消毒，截至

上半年止有 6 個 Samples 溴酸鹽含量超過 0.01 mg/L 顯見清水中溴酸鹽含量超過 0.01 mg/L 情形已明顯改善。而清水中溴酸鹽含量超過 0.01 mg/L 的個案究竟是否舊新次氯酸鈉液轉接之過渡期或其他原因有待進一步探討觀察。

表 5 近二年澎湖營運所成功淨水場清水之溴酸鹽含量一覽表

檢測日期	水樣別*	溴酸鹽 mg/L
2007/08/06	清水	0.0224
2008/04/11	清水	0.0143
2008/04/23	清水	0.0156
2008/10/13	清水	0.0071
2009/03/13	清水	0.0113
2009/09/18	清水	0.0156
2009/12/16	清水	0.0134
2010/02/10	清水	0.0068
2010/03/17	清水	0.0015
2010/05/14	清水	0.0007
2010/08/11	清水	0.0014

**八、清水中溴酸鹽含量降減之對策**

欲降減清水中溴酸鹽含量，可考慮以下之一或之一以上之對策：

- (一)減除原水水中溴離子以減少其經淨水處理消毒後轉化為溴酸鹽的機率，惟實務上很難去除(Br<sup>-</sup>溶於水，除非用 RO 逆滲透膜壓濾)。
- (二)將清水中溴酸鹽經處理還原成溴離子。
- (三)降低次氯酸鈉液(NaOCl)貯存之溫度(不要 ≥ 40°C)。
- (四)改用高純度之液氯 (含溴量少)。
- (五)淨水處理過程改用更低溴酸鹽 含量之次氯酸鈉液。

- (六)淨水處理過程改用濃度較高之次氯酸鈉液(如 10%→12.5%)。
- (七)淨水處理過程改用其他(例如高錳酸鉀)氧化劑,次氯酸鈉液僅作加氯消毒用途。
- (八)淨水處理過程加入適當藥劑阻礙溴離子與次氯酸鈉反應形成溴酸鹽<sup>[17]</sup>,惟所填加適當藥劑仍須符合飲用水管理條例第十三條規定。

### 九、結論與建議

- (一)收集新近清水溴酸鹽檢驗數據,顯示增列溴酸鹽不純物之次氯酸鈉已有降低飲用水中溴酸鹽之含量,清水中溴酸鹽含量少有超過 0.01mg/L 之例子。
- (二)含有溴酸鹽之次氯酸鈉液有效氯會隨著貯存時間逐漸降低因而增加淨水處理消毒之使用劑量進而增加了供水中溴酸鹽之含量,是以淨水場內貯存的次氯酸鈉液量不宜過大導致使用過久,建議以一個月量限度為宜。另因次氯酸鈉液濃度衰減跟 pH、光線、溫度、貯存時間及不純物有關,宜貯存於高 pH、低光線、低溫度之環境,且貯存時間愈短,不純物愈少愈好。
- (三)環保署在增修如飲用水水質標準等時,除學界意見外,宜更重視聆聽產業界看法,以創造法規合理、各方皆贏的局面,本案歷經折衝,終能見到實務解決、收場圓滿及目標達成之結局,堪足欣慰。

### 參考文獻

- 1.行政院環保署飲用水全球資訊網,飲用水管理條例, <http://ivy1.epa.gov.tw/drinkwater/law/law01.htm> (上網搜尋日期 2009年12月28日)。
- 2.行政院環保署飲用水全球資訊網,公告硫酸鋁等11種藥劑及磷酸鹽化合物為飲用水水質處理藥劑, [http://ivy1.epa.gov.tw/drink\\_water/law/law063-01.htm](http://ivy1.epa.gov.tw/drink_water/law/law063-01.htm) (上網搜尋日期 2009年12月28日)。
- 3.The Chlorine Institute, Inc., Bromate in NaOCl-Portable Water Treatment, [http://www.chlorineinstitute.org/files/FileDownloads/Bromatein\\_NaOCl-PotableWater\\_Treatment.Pdf](http://www.chlorineinstitute.org/files/FileDownloads/Bromatein_NaOCl-PotableWater_Treatment.Pdf) (上網搜尋日期 2010年1月8日)。
- 4.Bouland S., Duguet J.-P., and Montiel A., Evaluation of bromate ions level introduced by sodium hypochlorite during post disinfection of drinking water, *Journal of Environmental Technology*, Vol. 26, pp. 121-125 (2005)。
- 5.行政院環保署飲用水全球資訊網,飲用水水質標準, <http://ivy1.epa.gov.tw/drinkwater/law/law04.htm>(上網搜尋日期 2009年12月28日)。
- 6.DX Group Chemical News, Bromates in Sodium Chlorite, [http://www.dxgroup.com/dxgroup\\_chemical\\_news.html](http://www.dxgroup.com/dxgroup_chemical_news.html) (上網搜尋日期 2010年1月21日)。
- 7.Electrochemistry Encyclopedia, Brine Electrolysis, <http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/art-b01-brine.htm>(上網搜尋日期 2010年1月23日)。
- 8.Wikipedia, Seawater, <http://en.Wikipedia.org/wiki/Seawater>(上網搜尋日期 2010年2月6日)。
- 9.Yusaku Arika Hironoby Ibaraki, Method of Producing Chlorine Gas, Aqueous Sodium Chlorite Solution and Liquid Chlorine, <http://www.faqs.org/patents/app.20080224094>. (上網搜尋日期 2009年6月20日)。
- 10.WHO guidelines for drinking-water quality, 3rd ed., Geneva, 2004
- 11.Health Canada, Bromate, <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/bromate/index-eng.php> (上網搜尋日期2009年6月20日)。
- 12.USEPA, Drinking Water Contaminants, [http://www.epa.gov/safe\\_water/contaminants/index.html](http://www.epa.gov/safe_water/contaminants/index.html)(上網搜尋日期

2009年6月20日)

13. DXgroup, [http://www.dxgroup.com/dxgroup\\_chemical\\_news.html](http://www.dxgroup.com/dxgroup_chemical_news.html)(上網搜尋日期 2010年1月21日).
14. AWWA, ANSI/AWWA Standard B300-04
15. NSF/ANSI 60 Standard, Drinking Water Treatment Chemicals-Health Effects, 2003e.
16. NSF International, NSF Addresses Bromate Concerns, <http://www.nsf.org/business/newsroom/waterworks03-summer.pdf>(上網搜尋日期 2010年1月21日).
17. Siddiqui Mohamed S., Amy Gary L., and Rice Rip G., Bromate Ion Formation: A Critical Review, Jour. AWWA, 87:10:58 (1995).

## 作者簡介

### 江弘斌先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處化學組組長

專長：水質分析與管理，淨水處理

## 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(99年5月部分修正)

### 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」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，推薦 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。

- (六)淨水處理過程改用濃度較高之次氯酸鈉液(如 10%→12.5%)。
- (七)淨水處理過程改用其他(例如高錳酸鉀)氧化劑,次氯酸鈉液僅作加氯消毒用途。
- (八)淨水處理過程加入適當藥劑阻礙溴離子與次氯酸鈉反應形成溴酸鹽<sup>[17]</sup>,惟所填加適當藥劑仍須符合飲用水管理條例第十三條規定。

### 九、結論與建議

- (一)收集新近清水溴酸鹽檢驗數據,顯示增列溴酸鹽不純物之次氯酸鈉已有降低飲用水中溴酸鹽之含量,清水中溴酸鹽含量少有超過 0.01mg/L 之例子。
- (二)含有溴酸鹽之次氯酸鈉液有效氯會隨著貯存時間逐漸降低因而增加淨水處理消毒之使用劑量進而增加了供水中溴酸鹽之含量,是以淨水場內貯存的次氯酸鈉液量不宜過大導致使用過久,建議以一個月量限度為宜。另因次氯酸鈉液濃度衰減跟 pH、光線、溫度、貯存時間及不純物有關,宜貯存於高 pH、低光線、低溫度之環境,且貯存時間愈短,不純物愈少愈好。
- (三)環保署在增修如飲用水水質標準等時,除學界意見外,宜更重視聆聽產業界看法,以創造法規合理、各方皆贏的局面,本案歷經折衝,終能見到實務解決、收場圓滿及目標達成之結局,堪足欣慰。

### 參考文獻

- 1.行政院環保署飲用水全球資訊網,飲用水管理條例, <http://ivy1.epa.gov.tw/drinkwater/law/law01.htm> (上網搜尋日期 2009年12月28日)。
- 2.行政院環保署飲用水全球資訊網,公告硫酸鋁等11種藥劑及磷酸鹽化合物為飲用水水質處理藥劑, [http://ivy1.epa.gov.tw/drink\\_water/law/law063-01.htm](http://ivy1.epa.gov.tw/drink_water/law/law063-01.htm) (上網搜尋日期 2009年12月28日)。
- 3.The Chlorine Institute, Inc., Bromate in NaOCl-Portable Water Treatment, [http://www.chlorineinstitute.org/files/FileDownloads/Bromatein\\_NaOCl-PotableWater\\_Treatment.Pdf](http://www.chlorineinstitute.org/files/FileDownloads/Bromatein_NaOCl-PotableWater_Treatment.Pdf) (上網搜尋日期 2010年1月8日)。
- 4.Bouland S., Duguet J.-P., and Montiel A., Evaluation of bromate ions level introduced by sodium hypochlorite during post disinfection of drinking water, *Journal of Environmental Technology*, Vol. 26, pp. 121-125 (2005)。
- 5.行政院環保署飲用水全球資訊網,飲用水水質標準, <http://ivy1.epa.gov.tw/drinkwater/law/law04.htm>(上網搜尋日期 2009年12月28日)。
- 6.DX Group Chemical News, Bromates in Sodium Chlorite, [http://www.dxgroup.com/dxgroup\\_chemical\\_news.html](http://www.dxgroup.com/dxgroup_chemical_news.html) (上網搜尋日期 2010年1月21日)。
- 7.Electrochemistry Encyclopedia, Brine Electrolysis, <http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/art-b01-brine.htm>(上網搜尋日期 2010年1月23日)。
- 8.Wikipedia, Seawater, <http://en.Wikipedia.org/wiki/Seawater>(上網搜尋日期 2010年2月6日)。
- 9.Yusaku Arika Hironoby Ibaraki, Method of Producing Chlorine Gas, Aqueous Sodium Chlorite Solution and Liquid Chlorine, <http://www.faqs.org/patents/app.20080224094>. (上網搜尋日期 2009年6月20日)。
- 10.WHO guidelines for drinking-water quality, 3rd ed., Geneva, 2004
- 11.Health Canada, Bromate, <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/bromate/index-eng.php> (上網搜尋日期2009年6月20日)。
- 12.USEPA, Drinking Water Contaminants, [http://www.epa.gov/safe\\_water/contaminants/index.html](http://www.epa.gov/safe_water/contaminants/index.html)(上網搜尋日期

2009年6月20日)

13. DXgroup, [http://www.dxgroup.com/dxgroup\\_chemical\\_news.html](http://www.dxgroup.com/dxgroup_chemical_news.html)(上網搜尋日期 2010年1月21日).
14. AWWA, ANSI/AWWA Standard B300-04
15. NSF/ANSI 60 Standard, Drinking Water Treatment Chemicals-Health Effects, 2003e.
16. NSF International, NSF Addresses Bromate Concerns, <http://www.nsf.org/business/newsroom/waterworks03-summer.pdf>(上網搜尋日期 2010年1月21日).
17. Siddiqui Mohamed S., Amy Gary L., and Rice Rip G., Bromate Ion Formation: A Critical Review, Jour. AWWA, 87:10:58 (1995).

## 作者簡介

### 江弘斌先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處化學組組長

專長：水質分析與管理，淨水處理

## 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(99年5月部分修正)

### 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」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，推薦 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。

# 用水設備表後工程設計圖委外審查工作效益評估

文/詹焜耀、許敏能、顧峻

## 摘要

臺北自來水事業處（以下簡稱「本處」）自民國 69 年起成立審圖室辦理用水設備表後工程設計圖審查工作，迄今已 30 年，基於擷節成本、順應時勢潮流，自民國 98 年起試辦「表後工程設計圖委外審查工作」，經試辦結果成效良好，除可充分運用人力、避免新增人力外，對於提升本處經營績效亦有明顯之貢獻。

本處於 97 年度起即針對「相關經費計算」及「委外審圖辦理方式」進行評估與探討。考量內線設計圖審查事涉「民眾用水安全」、「人民申請權益」及「自來水專業」等領域，為確保委託廠商專業能力，不宜採價格標方式進行，故依政府採購法第 22 條第 1 項第 9 款「委託專業服務、技術服務或資訊服務，經公開客觀評選為優勝者」，採用限制性招標，依「機關委託專業服務廠商評選及計費辦法」委託廠商提供專業服務，以公開評選及 1 次投標分段開標（資格審查、評選會議、議價決標）方式辦理。

因自來水法第 50 條及自來水法施行細則第 5 條之審圖相關法源依據，並未將審圖核可權授予自來水事業委託之相關專業團體，因此委外範圍係將本處原表後工程設計圖第 1 階段初審全部業務及第 2 階段複審前段業務委由專業廠商辦理，複審後段同意核可部分則由本處審核、發函。為簡化作業流程，審圖程序自 99 年 2 月 28 日起改為 1 階段審查後，前段審查部分委外辦理，後段核

可部分仍由本處執行，因此委外作業方式亦有所變更。

98 及 99 年度契約執行迄今並未發生審查逾時、代替審查、登錄不實、不當退件等重大違失，尚未有罰款情事。而人為審查難免有所疏漏，惟尚未違反契約罰則「乙方審查合格，經甲方認定退回重審，每週以 10 件為限，超過部分每件罰款新台幣 3,000 元之規定」，故無此類罰款情況。

經分析 98 年度委外工作標案執行效益，自 98 年 7 月 29 日委外工作開工起至 98 年 12 月 31 日止，人力轉投入科室其他核心業務運用方面，減少新進人力成本約新台幣 2,137,460 元，同時核心研究發展業務有持續精進之趨勢。服務水準成效方面，經由漸進式教育訓練後，作業方式日漸純熟而有審查時間縮短之趨勢，只要假以時日，並持續於契約中加以規定及要求，相信必能藉由民間蘊藏之豐富之人力，協助公部門達成提升績效及便民之目的。

## 一、前言與目的

為確保自來水供水安全，同時保障自來水用戶權益，本處依自來水法施行細則第五條規定：「自來水用戶依本法第五十條規定裝設用戶用水設備，其設計圖說應經自來水事業審定後始得施工；工程完竣，依自來水用戶用水設備標準檢驗合格後，始得供水」及本處營業章程第十二條規定：「用戶用水設備表後工程，其設計圖應先送本處審定始得施工。工程完竣後，經本處依自來水用戶

用水設備標準檢驗合格，始予供水。…」，辦理新建物「用戶用水設備表後工程設計圖審查」（以下簡稱審圖）工作。

建築主管機關相關之把關機制亦訂定有審查文件應附「自來水表後工程設計圖合格文件」之規定：臺北市政府都市發展局 96 年 11 月 22 日北市都建字第 09662874900 號函修訂「建造執照注意事項附表」：「放樣勘驗前應完成自來水用水設備表後工程設計圖審查」；臺北縣政府 91 年 12 月 23 日 91 北府法規字第 0910729611 號函發布之「臺北縣建築管理規則」第五條則規定「電力、電信、給水及污水等設計之許可文件，得於放樣前補送本府備查」。

審圖作業為確保用水設備品質，達到用戶用水品質良好及安全衛生之目標。自來水管承裝商應依審查合格圖確實施工，以確保用戶用水設備品質及用水安全。此外，如須變更設計時，應於施工前至本處辦妥用戶用水設備表後工程圖面變更設計，方可施工。

為充分運用人力、避免新增人力、摺節成本，以提升經營績效。本處乃順應時勢潮流，將非核心業務之「新建物表後工程設計圖審查」以委外方式辦理。

由於前述審圖法源依據（自來水法第 50 條及自來水法施行細則第 5 條）並未將審圖核可權授予自來水事業委託之相關專業團體，因此委外範圍將本處原第 1 階段初審全部業務及第 2 階段複審前段業務，委由專業廠商辦理，複審後段同意核可部分，仍由本處審核把關。自 99 年 2 月 28 日起，為簡化審圖作業流程，達到便民服務之目的，本處審圖方式修正為 1 階段式審查，同時藉由流程變革，鼓勵設計申請單位提升設計品質

後，縮短申請核可時程。

## 二、背景說明與探討

### (一)自辦審圖之困境

由於本處用人成本增加，積極實施人力精簡政策。95 年 7 月技術科成立後，為精進自來水相關業務，研發業務大幅增加，除積極改善既有相關設施如閥栓箱蓋、救火栓，修訂多項設備規範，研擬最新工程單價外，更投入開發可健全管網管理，維護用戶用水安全的四合一持壓閥組及研究使用可減少漏水情況的波狀不銹鋼給水管等業務，造成執行業務人力吃緊，須由審圖室調配人力支援，造成審圖工作負荷日漸增加。

### (二)擴大民間參與探討

本處為確保供水設施符合法規，保障民眾用水安全，辦理新建物表後工程設計圖迄今已逾 30 餘年。本次研擬民間參與審查，對全國自來水事業而言，係首創之舉，並無可供參考之案例，惟本府都市發展局建築管理處業已開辦「建造執照協審制度」，本市建築執照之審核已由建管處委由建築師公會進行實質審查，且已有極佳的執行成果，因此參考該項業務成功經驗，增加民間參與臺北市各項建設之機會。

民間參與公共建設或公共事務的精髓在於創造政府、民間及使用者三贏的政策，此政策之正確性及前瞻性是為本處申請人所期待與肯定的，如此政策，使參與者有對社會國家貢獻的參與感與榮譽感，提升本府及本處的競爭力，並提昇民間之專業能力，向節省公帑的目標努力。

### (三)委外試辦探討

本次委外試辦，本處於 97 年度起即針

對「相關經費計算」及「委外審圖辦理方式」進行評估與探討。

在「相關經費計算」方面，進行「外包費用評估」、「本處原有人員每年人事成本」、「委外後保留人力費用」、「人力轉投入其他業務運用，減少新進人力成本」等評估。

在「委外審圖辦理方式」方面，考量內線設計圖審查事涉「民眾用水安全」、「人民申請權益」及「自來水專業」等領域，為確保委託廠商專業能力，不宜採價格標方式進行，故依政府採購法第 22 條第 1 項第 9 款「委託專業服務、技術服務或資訊服務，經公開客觀評選為優勝者」，採用限制性招標，屬「準用最有利標」案件，且依「機關委託專業服務廠商評選及計費辦法」委託廠商提供專業服務，以公開評選及 1 次投標分段開標（資格審查、評選會議、固定服務費用議價決標）方式辦理。

此辦理方式與行政院公共工程委員會 98 年 7 月 9 日及臺北市政府 98 年 7 月 15 日函頒「為提升公共工程品質，技術服務案件，建議採最有利標評選；另機關人力或專業能力不足者，建議委託有經驗之專案管理廠商辦理」內容不謀而合。

### 三、擬具方案與辦理過程

#### (一)方案摘述

本處 95 至 97 年度審圖案件數及合格案件數如表 1，由於審圖案件數量增多，每人每日工作負荷量增大，故採用委外方式減輕工作負荷並避免用人需求，同時可調撥人力，支援原已人手不足之研發業務。

委外作業係將用戶用水設備表後工程設計圖原初審全部業務、複審前段業務及供水計畫書原初、複審第 1 次審查、清圖審查

前段業務委由廠商辦理，並於契約規定審查時效內完成審查後(98 年度本處公告審圖時間與契約規定時間比較如表 2)，依自來水法施行細則第 5 條規定，由本處審核合格後辦理核發合格函。為因應 99 年 1 月 21 日內政部推動簡化建築許可核發流程政策及臺北市政府都發局統一窗口簡化作業，本處配合於 99 年 2 月 28 日起簡化審圖作業流程，修正本處公告審圖時間與契約規定審查時效(99 年度本處公告審圖時間與契約規定時間比較如表 3)。

表 1 95-97 年度審圖及合格案件數統計表

年度	95	96	97
審圖案件數 (含初審及複審件數)	2410	2686	2692
平均每人每天辦理件數	2.38	2.65	2.66
合格案件數	1149	1254	1340

表 2 98 年公告與契約規定時間比較表

類別		本處公告審圖時間	契約規定審圖時間
小件	口徑 40 公厘以下且 45 戶以內者	14 天 含初審作業及複審作業	10 天 (含初審全程 6 日，複審前段 4 日)
大件	口徑 50 公厘以上或 46 戶至 100 戶以內者	20 天 含初審作業及複審作業	15 天 (含初審全程 10 日，複審前段 5 日)
特別件	口徑 100 公厘以上或 101 戶以上者	專案簽辦	15 天 (含初審全程 10 日，複審前段 5 日)
	供水計畫書		18 天 (含第 1 次審查全程 13 日，清圖審查前段 5 日)

表 3 99 年公告與契約規定時間比較表

類別		本處公告 審圖時間	契約規定 審圖時間
一定規模以下	總樓地板面積 2000 平方公尺以下、5 樓以下、5 戶以下之倉庫	7 天	4 天
小件	口徑 40 公厘以下且 45 戶以內者	14 天	6 天
大件	口徑 50 公厘以上或 46 戶至 100 戶以內者	20 天	10 天
特別件	口徑 100 公厘以上或 101 戶以上者	專案簽辦	13 天
	供水計畫書		

### (二)法源依據與公開徵選

委託案係依政府採購法施行細則第 66 條為「異質採購」，並為確保委託廠商專業能力，乃依政府採購法第 22 條第 1 項第 9 款採用限制性招標，屬「準用最有利標」案件，且依「機關委託專業服務廠商評選及計費辦法」委託廠商提供專業服務，以公開評選及 1 次投標分段開標（資格審查、評選會議、固定服務費用議價決標）方式辦理。並依「採購評選委員會組織準則」規定成立「採購評選委員會」，本案「採購評選委員會」以 7 人組成，外聘 4 人，本處派兼 3 人。

### (三)辦理過程

98 年度試辦標案經臺北市議會預算通過後，辦理經過大事記如下述：

(1)98 年 1 月 14 日簽准成立本處「98 年新建物表後工程設計圖委外審查工作」採購評選委員會，依圈選名單聯繫評選委員。

- (2)98 年 2 月 19 日所有委員回復同意出任評選委員。
- (3)98 年 3 月 1 日成立工作小組。
- (4)98 年 3 月 31 日簽准「評選須知」。
- (5)98 年 5 月 12 日第 1 次評選作業文件審查會議流會。
- (6)98 年 5 月 21 日完成第 2 次評選作業文件審查會議。
- (7)98 年 6 月 9 日簽准「預算書」簽准並移發包。
- (8)98 年 6 月 17 日公告招標資訊。
- (9)98 年 6 月 30 日第 1 次招標「基本資格審查」，1 家投標 1 家合格。
- (10)98 年 7 月 7 日召開第 1 次招標「評選會議」，「中華自來水服務社」1 家投標，經簡報評選符合議價資格。
- (11)98 年 7 月 16 日議價，「中華自來水服務社」以底價承包決標。

因本案係自來水事業首次辦理審圖委外業務，契約編製期間承辦單位反覆討論研擬，以求契約縝密；且由於外聘委員多於本處派兼委員，委員會議時間多次改期，甚至臨時取消會議，故實際完成評選時間較預計完成時間稍有延後。

有鑑於此，99 年度委外審查案提前於 99 年 1 月作業、3 月 4 日公告上網，得以於 3 月 17 日經公開評選最有利標決標，於 4 月 2 日開工。

## 四、監督管理

### (一)廠商投入人力

得標廠商「財團法人中華自來水服務社」成員多為自來水從業退休人員，初期由具有豐富經驗人員 4 人進行審圖，後因審圖

工作需耗費相當大之體力及眼力，其中 1 人不堪負荷而離職，為順利執行審查工作及達到經驗傳承目的，承商另搭配加入年輕之相關科系人員 5 人共同組成作業團隊。自開工迄今，專業及認真態度獲多數辦理民眾之認同，並希望未來仍能持續執行。

## (二)履約管理監督

本委外審查工作依契約規定於次月 25 日前提送估驗申請，98 年共完成 4 次估驗計價工作，第 1 次估驗金額為 504,383 元，第 2 次估驗金額為 550,863 元，第 3 次估驗金額為 673,868 元，第 4 次估驗金額為 377,124 元，12 月份執行金額為 611,128 元（於決算中給

付），總執行率為 53.96%。

因審圖件數受市場景氣影響，年度送審件數較往年減少（近 4 年審圖案件累計數量比較如圖 1），將直接影響契約執行成效。

契約執行迄今並未發生審查逾時、代替審查、登錄不實、不當退件等重大違失，故暫未有罰款情事。因人為審查難免有所疏漏，部分經由承商初審合格案件於本處複審階段退回重新審查情況如表 4，惟尚未違反契約罰則「乙方審查合格，經甲方認定退回重審，每週以 10 件為限，超過部分每件罰款新台幣 3,000 元之規定」，故暫無罰款之情事。

表 4 退回重審統計表

退回重審日期	建號	單週統計	退回重審日期	建號	單週統計
98.9.9	98 建 230	9 月 第二週 共 5 件	98.10.13	96 建 688	10 月 第三週 共 3 件
98.9.9	97 建 417		98.10.13	98 建 365	
98.9.9	94 建 27		98.10.15	96 建 596	
98.9.9	98 建 230		98.11.4	98 建 309	11 月第一週 共 1 件
98.9.10	98 建 303	9 月 第三週 共 5 件	98.11.10	88 中 190	11 月第二週 共 1 件
98.9.15	96 建 93		98.11.19	98 建 31	11 月 第三週 共 4 件
98.9.15	98 建 230		98.11.20	98 建 419	
98.9.16	96 重 782		98.11.20	98 建 402	
98.9.16	97 建 487	9 月 第四週 共 5 件	98.11.20	96 建 336	11 月 第 4 週 共 6 件
98.9.16	98 重 186		98.11.24	94 建 645	
98.9.21	95 建 21		98.11.24	97 建 260	
98.9.21	98 建 212		98.11.24	97 建 263	
98.9.22	98 重 299		98.11.24	97 件 050	
98.9.22	98 重 300		98.11.25	98 建 386	
98.9.23	98 建 349	10 月 第一週 共 3 件	98.11.27	96 建 336	12 月第一週 共 1 件
98.10.1	98 建 348		98.12.04	98 建 271	
98.10.2	97 建 428		98.12.09	96 件 452	12 月第二週 共 1 件
98.10.2	98 建 263	10 月 第二週 共 4 件			
98.10.7	98 店建 205				
98.10.8	96 建 688				
98.10.8	98 建 370				
98.10.8	97 建 76				

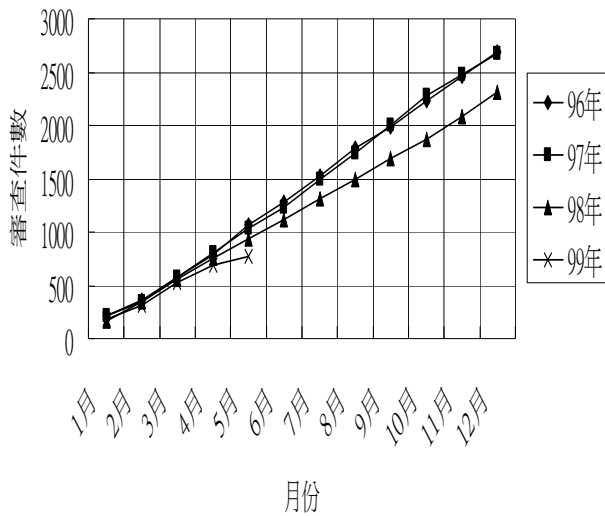


圖 1 96~99年審圖案件累計數量比較圖

## 五、成效

### (一)有形效益

經分析 98 年度審圖委外工作，自 98 年 7 月 29 日開工辦理至年底，本處原有人員(副工程司 1 人、幫工程司 1 人、工程員 3 人、技術士 1 人)薪資成本 =  $16.5/12 * (5+3/31) * (100000+80000 * 4+45000) = 3,258,750$  元 (5 個月又 3 天，薪資採 16.5 月/12 月 \* (5+3/31) 月)，委外後保留人員 (工程員 2 人) 人事成本 =  $16.5/12 * (5+3/31) * (80000 * 2) = 1,121,290$ ，故人力轉投入其他核心業務運用方面，減少新進人力成本約新台幣 2,137,460 元。所減少新進人力成本，包括 98 年度 3 月份先抽調審圖室工程員 1 名辦理研發工作，委外試辦後又將副工程司、幫工程司及技術士各 1 人調出投入研發業務事宜，執行包括節能減碳專案業務、管線工程預算書單價編列及審查業務、人孔蓋美化業務等。審圖工作委外後，核心研究發展業務有持續精

進之趨勢。

### (二)無形效益

在服務水準成效方面，委外工作尚未開始前，審查工作由本處審查人員擔任，不論行政程序或審查經驗方面都已執行多年，作業方式已臻成熟，審查時間稍短。委外審查開始前，審查工作由原審人員與委外單位共同進行上線教育訓練 (7 月 20 日至 7 月 28 日)，開工後 2 週 (7 月 29 日至 8 月 12 日) 由委外單位進行審查，並由本處部分協助，8 月 13 日起完全由委外廠商進行初審全部及複審前段作業。相關審查件數及平均審查時間如表 5。

由於 97 年 12 月大幅修訂完成「自來水用水設備審圖、檢驗、設計作業手冊」，並於 98 年 2 月公告實施，因此審圖承商工作人員較不熟練，致所需審查時間較委外前略長，但因作業方式日漸純熟而有審查時間縮短之趨勢，只要假以時日，並持續於契約中加以規定及要求，相信必能藉由民間蘊藏之豐富之人力，協助公部門達成提升績效及便民之目的。

## 六、結語

由於審圖工作由本處審查已執行 30 餘年，而成立審圖專責部門亦近 30 年，所有行政工作及審查程序已相當制度化，人員審查經驗之傳承亦非常成熟，惟如何將這些行政作業、執行經驗優勢與民間單位擁有之執行彈性優勢有效結合，確實不易於短期間看到明顯成果。



表 5 98 年~99 年審查案件數及平均時間

時間	審查單位	審圖件數		平均審查時間(含發文)
		小件	大件	
98.1.1~7.19	本處審圖人員	小件	822	4.5 天
		大件	383	7.9 天
		供水計畫	527	8.0 天
		總計	1232	
98.7.20~7.28	上線教學,本處與委外廠商共同審查	小件	43	5.0 天
		大件	17	6.2 天
		供水計畫	2	11.0 天
		總計	62	
98.7.29~8.31	委外廠商審查本處部分協助 2 週	小件	139	4.5 天
		大件	63	5.8 天
		供水計畫	1	1.0 天
		總計	203	
98.9.1~9.30	委外廠商審查	小件	146	6.5 天
		大件	39	10.9 天
		供水計畫	3	10.7 天
		總計	188	
98.10.1~10.31	委外廠商審查	小件	138	5.4 天
		大件	42	6.7 天
		供水計畫	5	9.8 天
		總計	185	
98.11.1~11.30	委外廠商審查	小件	177	5.3 天
		大件	39	6.4 天
		供水計畫	4	4.0 天
		總計	220	
98.12.1~12.31	委外廠商審查	小件	175	6.0 天
		大件	47	7.7 天
		供水計畫	6	3.8 天
		總計	228	
99.1.1~4.1	本處審圖人員	小件	365	9.5 天
		大件	126	11.1 天
		供水計畫	34	11.5 天
		總計	525	
99.4.2~5.15	委外廠商審查	小件	153	6.9 天
		大件	57	7.9 天
		供水計畫	31	9.5 天
		總計	241	

備註：為簡化建築申請許可流程，本處配合「臺北市政府都發局統一窗口申請流程」，修訂本處「表後工程設計圖審查流程」，由原 2 段式審查修訂為 1 段式審查，並自 99 年 2 月 28 日起實施，案件送審後不再區分「初審」、「複審」。平均審查時間(含發文時間)均符合本處公告時限。

從 98 年度的試辦經驗看來，公部門與民間企業之磨合並不如想像中之不易，民間的執行力確實能很快與制式化的行政制度達成一定的平衡點，且更能藉由民間角度之思考，體認申請人之立場，使得較為僵化的規範，得以更貼近於現行市場上之需求，得以迅速進行修正改進。

經過 98 年度之試辦，在有形效益上確實能夠將精簡而得的人力運用於核心工作，使得自來水研發工作得以更為精進，在無形效益上，雖然目前尚未能大幅縮短作業時間，但是經過短短數月的磨合，委外單位已能逐漸掌握時效進度，且已有日漸進步之成效，深信未來在人力適度調整下，必能更上層樓，不負所託。

#### 作者簡介

##### 詹焜耀先生

現職：臺北自來水事業處技術科科長

專長：自來水管材、工法研發、施工管理、圖資管理

##### 許敏能先生

現職：臺北自來水事業處技術科研發股股長

專長：自來水管材、工法研發、內線審驗

##### 顧峻先生

現職：臺北自來水事業處北區營業分處給水股股長

專長：內線審驗、施工管理、淨水處理

# 薄膜單元於淨水場除鹽處理與反沖洗水回收之應用

文/許倚哲、王郁萱、朱敬平、鍾裕仁

## 摘要

本文簡述三項由本研究團隊過去所參與，應用薄膜單元於淨水場不同標的之工作成果，包括薄膜除鹽處理程序結垢問題分析、各種薄膜前處理程序之效能評估，以及快濾池反沖洗水回收等。

在第一項工作中，超過濾膜 (UF) 與逆滲透膜 (RO) 可應用於降低淨水場出水導電度與硬度，薄膜結垢問題可透過定期藥洗來減緩，控制條件包括壓降上升或產水率衰減，而透過分析薄膜藥洗廢水之成分，並與原水成分比對，可以發現結垢問題所在，從而調整加藥策略。

在第二項工作中，針對台灣南部淨水場常見之高硬度地下水原水，可發現在 RO 前輔以「曝氣→砂濾→加酸」等前處理程序，已可有效降低 RO 膜的堵塞機率，並去除濁度與鐵錳等物質，當原水可能出現較微細顆粒時，方需再考慮導入 UF 膜。

第三項工作中，截流式 (Dead-end) 微過濾膜 (MF) 可應用於回收淨水場反沖洗水，其可一次形成濾餅，無廢水產生，並有效移除廢水中的奈米級顆粒，而反洗剝離濾餅後，又可回復通量；經分析濾液符合飲用水水質標準內 (4 NTU)，經殺菌後應可併同出水，惟產生濾餅含水率約介於 84~86%，仍高於淨水場一般操作要求，為未來有待改進之處。

關鍵詞：微過濾、超過濾、逆滲透、化學結垢、除鹽、反沖洗水

## 一、前言

隨消費者對於淨水場出水水質要求日漸提升，薄膜技術在先進國家已廣泛應用於飲用水工程領域，藉以去除鹽類、溶解性有機物、溶解性無機物、色度及細菌等，以提高供水品質。一般水處理較常使用的薄膜，依孔洞大小可分為微過濾 (Microfiltration, 簡稱 MF)、超過濾 (Ultrafiltration, 簡稱 UF)、逆滲透 (Reverse Osmosis, 簡稱 RO) 等，其中 MF 薄膜孔徑分佈在 0.1~1  $\mu\text{m}$  之間，操作壓力一般低於 1  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ，主要用於去除水中的懸浮顆粒與水中微生物，但是對於病毒與細菌則無去除的效果；UF 薄膜孔徑分佈則在 0.01~0.1  $\mu\text{m}$  間，操作壓力約為 1~3  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ，對於膠體、顆粒、致病菌、大分子物種等，可以使用不同薄膜孔徑大小的 UF 薄膜加以分離，但對於溶解性物質去除效果不彰。RO 薄膜屬於半滲透膜，對水中之溶解固體 (重金屬、陰陽離子、小分子有機物) 有極高阻絕率；RO 薄膜的分離溶質的粒徑可小於 0.001  $\mu\text{m}$ ，但其操作壓力較高，並與原水導電度有關，一般超過 5  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ；另有所謂低壓逆滲透膜 (low-pressure reverse osmosis, 簡稱 LPRO)，孔徑略高於 RO，但仍遠低於 UF，可在較低的壓差下操作，但對於一價離子與溶解性有機物的去除率則遜於 RO。上述數種薄膜均以壓力進行驅動水流通過，另有所謂電透析膜 (electrodialysis membrane)，其原理接近於離子交換樹脂，

係透過極性相反的薄膜對交互排列，透過電場讓陽離子穿過陽離子交換膜，陰離子穿過陰離子交換膜，讓原水分離成「淡水」與「鹵水」，再透過導流網分別加以收集；目前已有倒極電透析 (electrodialysis reversal, 簡稱 EDR) 等商用模組可運用於淨水與廢水處理。

在台灣南部與離島仍有不少以高硬度水源為原水之淨水場數量，一般淨水處理程序並無法有效降低原水中硬度、導電度或矽酸鹽濃度，故除傳統既有處理流程外，增設 RO 或 EDR 等薄膜除鹽單元有其必要性，而上述單元往往需要更低濁度之進水，因此如何選擇適合之薄膜前處理單元，包括砂濾、表面過濾、UF 等核心單元，以及必要之加藥，保護昂貴之 RO 膜以穩定整體效能，亟待累積足夠之本土工程經驗。

此外，快濾池定期反洗時所排出之反沖洗水係為淨水場中各股廢水中較乾淨且有機物含量較少的一股，其水量約佔淨水場產水量的 2~10%，主要成分為快濾池中所累積之顆粒性物質，若能透過操作壓力較低的 MF 去除絕大多數之顆粒，且產生濾餅而不產生二次廢水，將可降低淨水場後端污泥濃縮池與板框式壓濾機之負擔，並回收此部分水量，增加淨水場供應量；圖 1a 與 1b 即為比較裝設 MF 膜回收反沖洗水的淨水場程序差異。

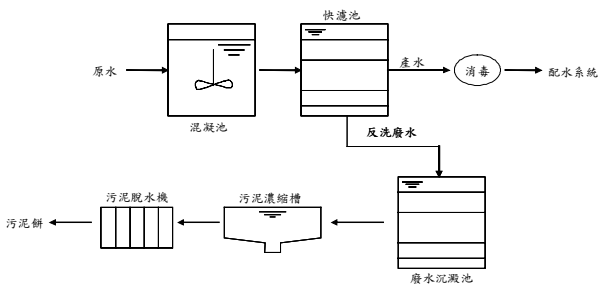


圖 1a 一般淨水場之產水與反沖洗水處理程序

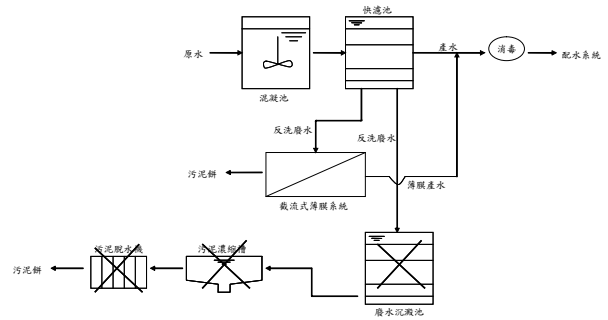


圖 1b 導入 MF 膜回收反沖洗水後的淨水場處理程序

## 二、「超過濾膜—逆滲透膜」於實廠應用案例剖析

本研究團隊曾參與國內某聯合使用攔河堰地表水與地下水（伏流水及深井水）為原水之淨水場（代號為 WK）的薄膜結垢診斷；該場產水量約 270,000 CMD，其在快速膠羽沉澱池與快濾池後端，再加入超過濾膜（UF）與低壓逆滲透膜（LPRO）兩道單元，以進一步降低產水導電度與硬度（圖 2）。

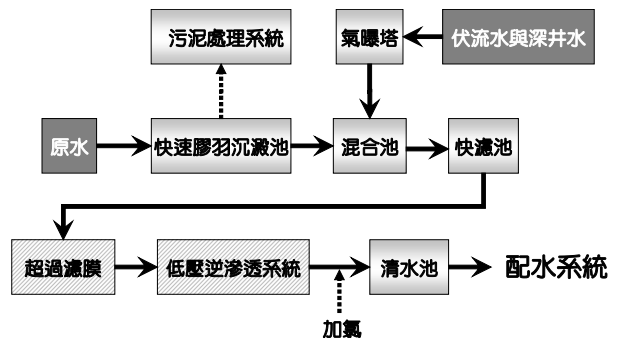


圖 2 WK 淨水場處理流程

WK 淨水場所使用 UF 單元為外掛式中空絲膜，每支薄膜標準膜面積為 40 平方公尺，孔徑為 10~50 nm，正常操作壓力為 0.5 kg/cm<sup>2</sup>，採一段一級式排列（1 stage-1 pass）因淨水場之原水氨氮濃度多低於 1.0 mg/L，發生生物性堵塞機率較低，但 UF 膜壓差仍因微細顆粒阻塞而逐漸增加，因此除定期反

洗外，當 UF 膜壓降升至  $0.8 \text{ kg/cm}^2$ ，即進行化學藥洗，藥劑成分主要有 NaOH（去除有機物與生物膜）與數十 mg/L NaOCl（殺菌）兩種，平均 4 個月進行一次（端視原水水質與薄膜效能表現而定）。

WK 淨水場所使用 RO 單元為聚醯胺類（polyamide，簡稱 PA），每支膜管（element）面積 37 平方公尺，每支套管（vessel）中裝設 6 支 RO 膜管；為求大幅提高產水回收率（約 85%），其 RO 單元設計採 1 pass-4 stage 排列方式，各段管殼數之比例為 30:18:9:6，每段操作壓差控制不超過  $7 \text{ kg/cm}^2$ ，每支膜平均產水量約  $1.0 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，每段均可視狀況再調整操作條件。目前 RO 產水 pH 則約為 6.5~8，濁度低於 0.2 NTU，總三鹵甲烷低於  $30 \mu\text{g/L}$ ，可利用有機碳約為  $50 \mu\text{g/L}$ 。

加氯可控制 UF 膜管內生物膜之生長，有助於維護 UF 產水效能，惟 UF 產水中含有自由餘氯濃度（0.1~0.2 mg/L），故於 RO 膜前端需以添加過量亞硫酸氫鈉去除自由餘氯，平均加藥量介於 2~3 mg/L（最高不超過 4 mg/L），而亞硫酸氫鈉亦具有抑菌功能，而能減緩 RO 膜上的生物膜生長；當 RO 流量衰退至初期的 85~90%時，即分別以 NaOH 及 HCl 進行化學藥洗。

因系統回收率偏高，RO 膜前端亦需加入抑垢劑以加強分別控制碳酸鹽垢與矽酸鹽垢之生成，目前因進流之 pH 值過高，抑垢劑添加量較一般水準高；RO 膜藥洗廢液的成分經分析包括磷、鋁、鈣與鎂等，與原水成分相比，發現有相當比例的結垢物應是來自抗垢劑之磷酸鹽與原水中鋁、鈣與鎂反應形成，其中鋁有相當比例係來自於前端的混凝加藥；此外抗垢劑儲備液含有少量顆粒

物，也可能是造成 RO 膜阻塞原因之一。

上述成果可用於協助淨水場營運單位選擇適當之抗垢劑（選擇濁度含量較低或不易與原水鹽類形成沉澱者），以及調整前端混凝加藥程序之劑量（必須考量產水中的鋁鹽殘留量）。

### 三、「超過濾膜—逆滲透膜」之前處理程序效能研究

本研究團隊曾於屏東取地下水為水源的某淨水場（代號為 TC），進行薄膜處理及其前處理最適化研究。TC 廠之處理單元與流程為自地下水井抽水，經曝氣程序、壓力式砂濾機與加氯消毒後出水（圖 3），每日產水約 3,000 CMD，原水含碳酸鈣、矽酸鹽、鐵與錳等鹽類物質，具化學性積垢潛勢；其中砂濾機處理後出水硬度平均值  $410 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ ，屬偏高硬度水質，故有必要考慮增設薄膜單元以降低產水硬度與總溶解固體，並深入評估何種前處理單元可以降低薄膜結垢趨勢。

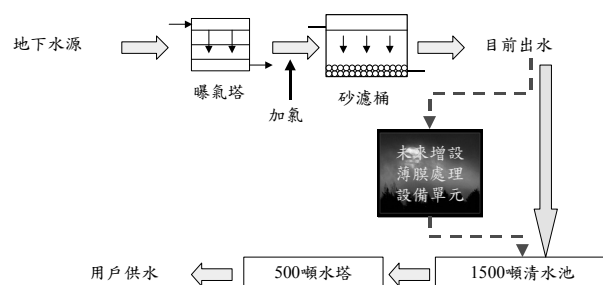


圖 3 TC 淨水場處理流程與未來可能增設薄膜之規劃點

在篩選前處理程序時，標準包括 RO 進水「淤泥密度指數 SDI 應小於 5」（避免膠體堵塞）與「藍氏飽和係數 LSI 應小於 0」（避免化學積垢）兩項，經評估可能的前處理單元與後端薄膜之程序組合包括下述四類：

- A 試程：曝氣→砂濾→UF→RO
- B 試程：曝氣→砂濾→加酸→RO
- C 試程：曝氣→UF→加酸→RO
- D 試程：曝氣→加藥/沉澱→UF→加酸→RO

上述「曝氣」與「砂濾」係使用現地既設之曝氣塔與砂濾桶，以既有操作方式進行試驗；而本研究所設薄膜模廠外觀如圖 4 所示 (UF 產水量約 10 CMD，RO 產水量約 5 CMD)，整體操作時間約兩個月，而「混凝」單元則屬模廠設施之一環，使用藥劑種類為氯化鐵，添加劑量為 540 mg/L，pH 值控制於 8 (依據實驗室規模試驗結果)，「加酸」則是控制 pH 在 6.5~6.8 間。模廠評估項目如表 1 所示，實際操作後，因進水濁度較低，UF 回收率可以超過 80%，而 RO 回收率至少 50%。

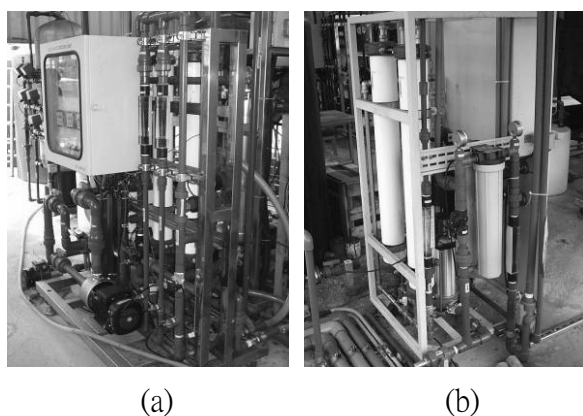


圖 4 設於 TC 淨水場之 UF 與 RO 模廠

表 1 現地模廠效能評估指標與分析項目

效能評估指標	曝氣效能、鐵錳去除率、砂濾操作濾速、加酸加藥量
分析項目	氨氮、硝酸鹽氮、TOC、Ca、Fe、Mn、濁度、矽酸鹽、

就上述四類「前處理－薄膜」程序組合試程之效能，包括結垢物移除效果、降低薄膜阻塞效果、經濟成本，以及操作難度、用地面積等，以下即分別予以探討：

### (一)結垢物移除效果

考量對濁度去除效果時，A 試程及 B 試程因有砂濾前處理單元，可將濁度從 1 NTU 降至 0.04 NTU，而 C 試程採用 UF 前處理單元，可將低濁度進一步降至 0.02 NTU，對 RO 保護相對充足，而 D 試程因添加氯化鐵混凝，雖採用 UF 前處理單元，但因 UF 進水濁度偏高，導致 UF 產水濁度仍達 1.5 NTU。SDI 值則顯示類似趨勢，原水之 SDI 值約 4~6，經砂濾單元處理後出水 SDI 可降至 2~3，在 C 試程中，經 UF 單元可將 SDI 降至 0.9，D 試程因有混凝單元，雖再經過沉澱單元，但進入 UF 單元粒狀物仍高，導致 UF 產水 SDI 仍尚有 4。對鐵、錳等項目，採用砂濾或 UF 單元即已能夠達到良好去除效果。在矽酸鹽去除效果方面，A、B 及 C 試程採用砂濾或 UF，對原水中溶解態矽酸鹽去除率皆不佳，僅 D 試程因採用添加氯化鐵混凝沉澱，可移除超過八成的矽酸鹽。綜上，C 試程顯然對於濁度、鐵、錳等有理想去除效果，僅對矽酸鹽去除效果差，但因原水中矽酸鹽一般未高於 40 mg/L，在 50%的 RO 回收率下，濃度應不高於 100 mg/L (其飽和溶解度為 120 mg/L)，尚不至於在 RO 的濃縮側上形成矽酸鹽結垢物，因此整體而言結垢物去除效果以 C 試程為最佳，其次為 B 試程。

### (二)經濟成本

分別就四組合試程之建造成本、操作成本加以比較，建造成本最高為 D 試程，其次依序為 A 試程、C 試程與 B 試程；操作成本高低順序亦相同，因此以 B 試程為最低，其次為 C 試程。

### (三)操作難度

四類試程所包含 UF 或 RO 設備操作特性相近，皆屬自動操作方式；而曝氣與砂濾單元皆屬較一般淨水場常操作設備，操作應較有經驗；至於 D 試程需控制添加適量氯化鐵，且需攪拌均勻，再加上矽酸鹽濃度隨季節有變，使得操作人員必須調整氯化鐵濃度，使得在操作面上較費人時。

#### (四)用地面積

由於 D 試程包含加藥混凝沉澱、UF 模組之槽體與設備，用地面積最大；A、B、C 試程三者，因前處理單元僅為砂濾或 UF 單元，故用地面積大約相同。

在台灣本島，需要薄膜之淨水場多半係以「高硬度、高導電度」之地下水為進水，因其濁度普遍偏低，矽酸鹽濃度一般不高於 50 mg/L；綜合前述結果，當 RO 回收率控制在 60%以下時，最佳薄膜與前處理單元組合為 B 試程「曝氣→砂濾→加酸→RO」，亦即以砂濾即可滿足一般所需的良好濁度與鐵錳去除效果，無需使用較昂貴的 UF 膜，並透過適量加酸可控制絕大多數的鹽垢物質形成；其次為 C 試程「曝氣→UF→加酸→RO」，亦即透過 UF 對於極微細顆粒作進一步之控制，從而更延長 RO 膜之壽命。

#### 四、截流過濾式微過濾膜應用於回收快濾池反沖洗水

本研究團隊曾採用以截留過濾 (dead-end filtration) 操作之微過濾薄膜設備 (MF)，針對新竹取用地表水之淨水場 (代號為 HC) 與彰化某取用地下水之淨水場 (代號為 DT) 所產生的快濾池反沖洗水進行回收。該設備主要由進料槽、MF 模組、電子天平、抽氣幫浦等設備所組成，HC 之廢水係以負壓過濾設備進行；DT 之廢水則採用

正壓過濾設備，皆在 MF 膜上形成低含水率濾餅；當過濾結束後，注入少量清水進行反洗，可使附著於膜面上的濾餅脫落，隨後再擠入空氣進行沖洗，共持續 1 分鐘 (圖 5)。而 MF 膜的主要成分為疏水性的聚四氟乙烯 (Polytetrafluoroethylene, PTFE) 與聚丙烯 (Polypropylene, PP)，使得附著於薄膜之上的污泥濾餅較容易脫落 (如圖 6)，而其孔徑界於 0.5~0.6  $\mu\text{m}$ ，足以攔截反沖洗水中絕大比例之懸浮固體與微細膠體。



圖 5 反沖洗水 MF 回收設備照片

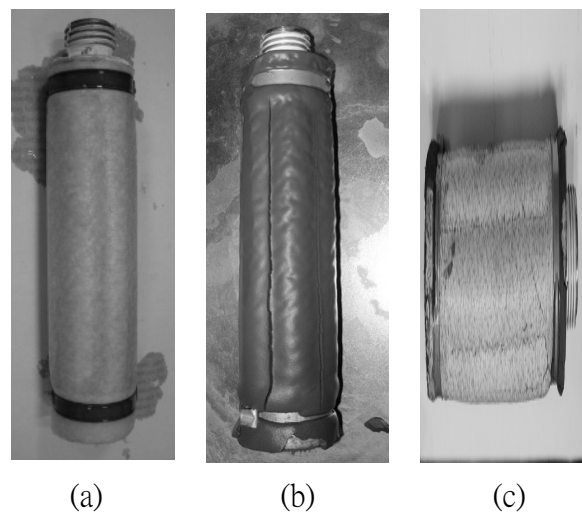


圖 6 快濾池反沖洗水 MF 回收設備外觀：  
(a)乾淨薄膜；(b)濾餅剝落前；(c)濾餅剝落後

為決定過濾反沖洗水時的過濾週期，在此係以「過濾開始一分鐘內的平均流量」設為 J1，並將流量衰退至 J1 的 20% 處所對應的時間設為過濾週期 tF，如此進行三重覆後所得平均 tF 定義為反沖洗時的過濾週期(圖 7)。

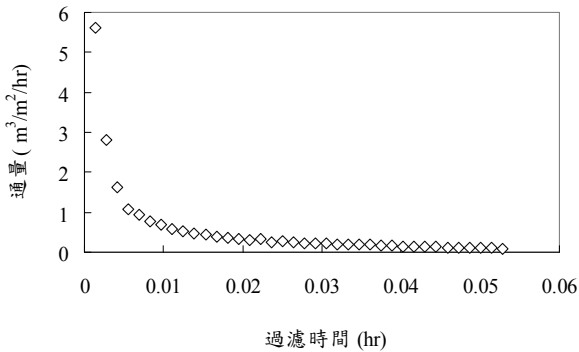


圖 7 典型之過濾通量隨時間變化圖

表 2 為反沖洗水過濾前後之水質差異分析，結果顯示反沖洗水經過濾後 pH 值仍維持 7~8 間；在固形物方面，濾液已無法測出懸浮固體，故均改以濁度評估之，其測值亦符合法規標準之 2 NTU；由於薄膜孔徑為 0.5~0.6  $\mu\text{m}$ ，對溶解性有機物無去除效果，檢測結果亦顯示多數水樣經過薄膜過濾後之濾液 TOC 並不大 (等於或略降)，但反沖洗水的 TOC 濃度本身已符合飲用水水源水質標準的 4 mg/L，因此濾液亦可符合相關規範。整體而言，除微生物項目外，反沖洗水均過濾後已大致符合飲用水水質標準，故可考慮送至淨水場砂濾後端，再經加氯殺菌即可一併出水使用，而不至於造成後續供水時有微生物感染風險。

表 3 為過濾通量結果，由於其採用截流式過濾，而非超過濾式過濾，通量較低，惟反沖洗水中顆粒快速形成濾餅從而阻擋奈米級顆粒堵塞薄膜，故只要過濾週期掌握得

宜，經反洗剝落濾餅後仍可回復原有通量，未必要在過濾前加藥混凝。在濾餅含水率方面，其已低於 85%，符合我國「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」規定，但仍高於國內淨水場一般操作所要求濾餅含水率 70%；惟從反沖洗水所產生的污泥量相較於全廠所產生污泥量甚少，若予以混合，則應可符合多數淨水場之要求。

在財務分析方面，HC 廠反沖洗水量約 5,000 CMD，若採用上述截流式 MF 膜回收反沖洗水至可供水程度，平均每噸水總成本為 13.1 元 (建造成本一噸水約 6.9 元，營運成本一噸水約為 6.2 元)；而 DT 廠反沖洗水約 90 CMD，則因規模較小，機電成本亦較高，每回收一噸水之總成本為 18.3 元 (建造成本一噸水約 12.2 元，營運成本一噸水約為 6.1 元)。

表 2 反沖洗水過濾前後之水質檢測結果

水質項目	飲用水水質標準	HC		DT	
		過濾前	過濾後	過濾前	過濾後
pH	6.0~8.5	7.7	7.6	6.8	7.7
濁度 (NTU)	2	344	0.17	1,103	0.33
TOC (mg/L)	4	2.5	2.4	4.9	0.8

表 3 反沖洗水過濾通量與濾餅含水率

水質項目	HC 過濾後	DT 過濾後
過濾週期 (min)	5	60
週期平均通量 (m³/m²-h)	0.87	0.8
濾餅平均含水率 (%)	84	74

## 五、結論

超過濾與逆滲透於以高硬度原水為淨水場導入 UF 與 RO 程序後，淨水場出水 pH 值約介於 6.5 ~ 8.0，濁度可小於 0.2 NTU，總三鹵甲烷低於 30  $\mu\text{g/L}$ ，可利用有機碳約為 50  $\mu\text{g/L}$ ，因進水氨氮濃度較低，薄膜堵塞問題可能與抗垢劑中既有濁度，以及含磷成分與原水中鋁、鎂與鈣等結合所產生沉澱等有關。

在原始水質濁度偏低，但碳酸鈣、矽酸鹽、鐵與錳偏高問題時，經評估「曝氣→砂濾→加酸」即可作為 RO 之前處理程序，組合為最優先選擇之處理流程；若存在極微細顆粒，則需導入 UF 膜，若矽酸鹽濃度超過 50 mg/L，但 RO 仍需超過 60% 之回收率，則需透過混凝加藥去除矽酸鹽。

微過濾技術可應用淨水場反沖洗水之回收，以截流式過濾操作時，濾液殘餘濁度落在飲用水水質標準內 (4 NTU)，若配合加氯消毒，應能符合飲用水水質標準之限值，並能增加淨水場之產水量；此類操作並可產生濾餅，而無廢水產生，反洗後即可回復通量，因此可降低污泥處理端之負擔。整體而言回收一噸反沖洗水至可飲用狀態約需 13 ~ 18 元。

## 作者簡介

---

### 許倚哲先生

現職：中興工程顧問社環研中心 研究員

專長：薄膜操作

### 王郁萱小姐

現職：中興工程顧問社環研中心 研究員

專長：生物處理

### 朱敬平先生

現職：中興工程顧問社環研中心 研究員

專長：廢水回收

### 鍾裕仁先生

現職：中興工程顧問社環研中心 經理

專長：環境分析

# 鳳山淨水場 ROT 營運操作成果

文/高滄君、陳佩足

## 摘要

2004 年底台灣自來水公司為配合政府改善大高雄地區水質政策，考量長久供水穩定、安全出水備載容量及水源調配順暢，採民間參與公共建設方式，辦理「民間參與鳳山淨水場淨水設施改善及營運」工作，於民生處理系統新增結晶軟化、臭氧氧化及生物活性碳吸附過濾等高級淨水程序，希望藉由增加高級淨水程序以提升清水水質之口感、味覺等適飲性，並具有因應水源水質變化之能力。本場高級淨水處理能力設計平均出水量為 30 萬 CMD，最大出水量為 36 萬 CMD。

本場自 2007 年 12 月完成興建正式營運供水迄今，新增結晶軟化程序使原水總硬度 182 ~ 271mg/L 降至清水總硬度 138 ~ 146mg/L；新增臭氧及活性碳使清水之臭度(TON)及臭味(FPA)皆 $<1$ ，並有效降低有機物及消毒副產物前驅物。在有機物部分，AOC 由原水之 36~234  $\mu\text{g/L}$  降至清水之 30~65  $\mu\text{g/L}$ ；在消毒副產物部份，清水 TTHM 為 4.2~25  $\mu\text{g/L}$ ，HAA5 為 5.6~22.3  $\mu\text{g/L}$ 。另外，臭氧添加造成之溴酸鹽問題，本場臭氧接觸槽出流之溴酸鹽約 0.4~13  $\mu\text{g/L}$ ，經過生物活性碳床去除後，可降至 ND~7  $\mu\text{g/L}$ 。本場自 2007 年 12 月營運迄今，清水水質合格率為 100%，皆符合營運契約之清水出水水質要求。

關鍵字：高級淨水處理、結晶軟化、臭氧及生物活性碳

## 一、前言

鳳山給水廠於 1977 年開始興建，第一期民生處理系統 1977 年 10 月開工，1980 年 5 月完工；第二期工業處理系統 1980 年七月開工，1985 年 6 月完工，完工後兩期設計出水能力合計為每日 70 萬立方公尺，佔地面積含水庫約共計 197 公頃，設施面積約佔 20 公頃。2004 年底台灣自來水公司，採民間參與公共建設方式，辦理「民間參與鳳山淨水場淨水設施改善及營運」工作，同時納入結晶軟化、臭氧氧化及活性碳吸附過濾等高級淨水程序，希望藉由增加高級淨水程序以提升其清水水質之口感、味覺等適飲性，並具有因應水源水質變化之能力。本場於 2007 年 12 月完成興建正式營運供水，營運期限至 111 年 12 月 14 日，民生淨水處理能力為每日 30 萬立方公尺，工業淨水處理能力為每日 40 萬立方公尺。

本場具有兩種功能目標與其他淨水場不同，除了供應民生用水外，亦同時供給工業用水，本場採取兩套處理流程分別針對民生用水及工業用水進行處理。民生用水供水區域包括高雄市小港區、前鎮區、旗津區；工業用水供水區域，包括高雄市臨海工業區、前鎮加工區、高雄縣林園工業區、大發工業區等。

## 二、鳳山淨水場處理流程及操作參數

### (一)流程介紹

民生高級淨水流程為原水由高屏溪攔河堰抽取，經昭明加壓站以 1600HP 抽水機中途加壓再進入鳳山淨水場，經沉砂、快

混、膠凝沉澱、結晶軟化、快濾、臭氧及活性碳，經加氯後進入清水池，再以重力方式及調整閥門大小控制流量，將清水送至輸配水系統；民生處理系統流程如圖 1。

工業原水來自東港溪，先導入鳳山水庫蓄存，再由水庫抽水站以 900HP 抽水機抽取進入工業淨水流程，經接觸過濾池、快混(前加氯、硫酸鋁)、膠凝沉澱、快濾後之清水進入清水池(後加氯)，再以重力方式出水及以調整閥門大小控制流量，將清水送至輸

配水系統；工業處理系統流程如圖 2。

## (二)設計參數及營運操作參數

本高級淨水場考量飲用水標準之提昇，並針對消毒、軟化、除臭、除色及去除有毒物、致癌物等出水水質改善，以結晶軟化降低硬度，以臭氧及 BAC 濾池除臭、除色及去除有毒物、致癌物，最後再以後加氯方式保持水中餘氯量。民生處理系統之設計參數及營運操作參數詳表 1 所示。

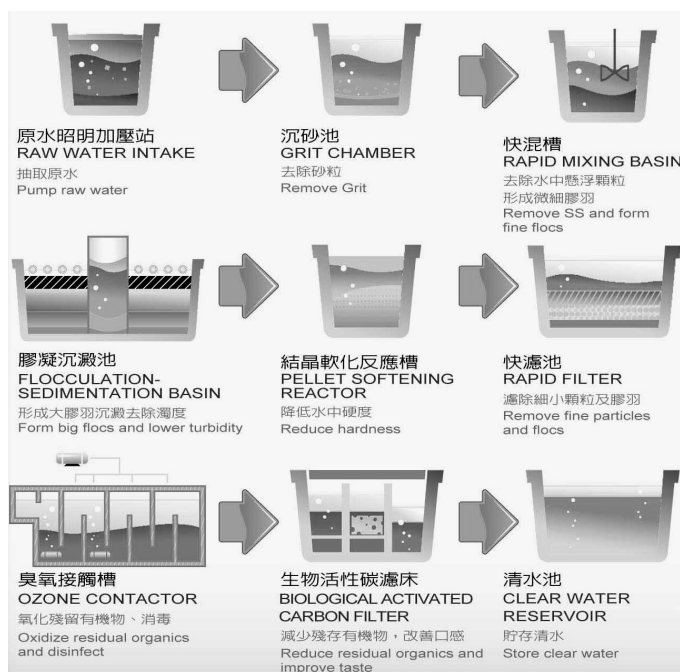


圖 1 鳳山淨水場民生處理系統流程



圖 2 鳳山淨水場工業處理系統流程

表 1 鳳山淨水場設計參數與營運操作參數

單元名稱	設計參數	營運操作參數(月平均)
民生沉砂池	最大設計水量：363,000CMD 平均設計水量：310,500CMD 4 池，37(m)L×6.35(m)W×3.0m(WD) 設計表面積負荷：13.8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr	操作水量：166,000 CMD 表面積負荷：7.4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hr
民生脈動式膠凝沉澱池	最大設計水量：294,950CMD 平均設計水量：251,170CMD 4 池，37.0(m)L×28.1(m)W×4.5m(WD) 設計表面積負荷：60.4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .day	平均水量：146,000 CMD 表面積負荷：35.1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .day
民生快混膠凝沉澱池	最大設計水量：79,830CMD 平均設計水量：59,570CMD 平均面積負荷：85.1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .day	平均水量：60,000 CMD 表面積負荷：85.7 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .day
民生結晶軟化槽	最大設計水量：372,770CMD 平均設計水量：306,700CMD 6 池，4.8(m)L×4.8(m)W×6.58m(WD) 每池設計流量為：2,130 m <sup>3</sup> /day 平均上升速度：92 m/h	平均出水量：215,000 CMD 平均上升速度：86.8 m/h
民生快濾池	最大設計水量：368,900CMD 平均設計水量：302,530CMD 12 池，16.0(m)L×8.8(m)W×4.5m(WD) 最大日濾速：218 m/d 平均日濾速：179 m/d	平均水量：215,000 CMD 平均濾速：約 127 m/d
民生臭氧接觸槽	最大設計水量：368,900CMD 平均設計水量：302,530CMD 4 池，11.75(m)L×9.0(m)W×5.9m(WD) 平均水量接觸時間：11.9 min	平均水量：205,000CMD 平均接觸時間：17.5 min
民生生物活性碳濾床	最大設計水量：367,200 CMD 平均設計水量：300,810 CMD 18 池，140m <sup>2</sup> ，活性碳高度 1.7m 平均濾速：4.97 m/hr，平均 EBCT：20.5 min	平均水量：205,000 CMD 平均濾速：3.39 m/hr 平均 EBCT：30.0 min
工業接觸過濾池	最大設計水量：437,000 CMD 平均設計水量：388,000 CMD 6 池，10.0(m)L×12.5(m)W×6.0m(WD) 平均濾速：16.7 m/hr 平均停留時間：21.6 min	平均水量：330,000 CMD 平均濾速：14.3 m/hr 平均停留時間：25.2 min
工業膠凝沉澱池	最大設計水量：462,112CMD 平均設計水量：411,690CMD 4 池，45.5(m)L×24.8(m)W×4.45m(WD) 平均表面積負荷：91.4CMD/m <sup>2</sup>	平均水量：330,000 CMD 平均表面積負荷：73.9 CMD/m <sup>2</sup>
工業快濾池	平均設計水量：406,190CMD 14 池，14.4(m)L×10.0m(W) 平均濾速：201.5m/d	平均水量：330,000 CMD 平均濾速：約 165.2 m/d

### 三、營運淨水處理出水水質目標

本場民生處理流程為高級淨水處理，出水水質除了飲用水水質標準訂定之水質項目外，增加嗅覺層次分析(FPA)、五類鹵化醋酸(HAA5)、生物可利用有機碳(AOC)等適飲性、消毒副產物及其前驅物質等項目；另外在濁度、總硬度、總三鹵甲烷及細菌性等項目也訂定了較嚴格之標準。工業處理流程則依自來水水質標準為依據訂定。飲用水水質標準及本場出水水質目標對照表詳表 2。

### 四、營運操作成果

#### (一)水量

自 2007 年 12 月營運操作供水迄今，民生清水平均產水量為 200,431CMD，工業清水平均產水量為 292,461CMD，營運操作水量如圖 3 所示。

#### (二)民生處理系統

##### 1.濁度

原水(高屏溪攔河堰)濁度為 30~7,400 NTU，沉澱出水濁度為 3.1~14 NTU，快濾出水濁度為 0.15~0.65 NTU，活性碳出水濁度為 0.10~0.30 NTU，清水濁度為 0.10~0.20 NTU，各單元出水濁度如圖 4 所示，清水濁度低於營運操作前 0.25~0.45 NTU；可降低干擾消毒作用之效果及後續管網生物附著之狀況。

表 2 飲用水水質標準及鳳山淨水場出水水質要求

水質項目	飲用水水質標準	民生淨水處理出水水質要求*	工業淨水處理出水水質要求**
pH	6.0~8.5	6.5~8.5	6.0~8.5
色度	5 鉑鈷單位	3鉑鈷單位	15鉑鈷單位
臭度	3 TON	2 TON	3 TON
濁度	2 NTU	0.3 NTU	2 NTU
自由有效餘氯	0.2~1.0 mg/L	0.5~1.0 mg/L	0.2~1.5 mg/L
總硬度	300 mg/L	150 mg/L	400 mg/L
鐵	0.3 mg/L	0.25 mg/L	0.3 mg/L
錳	0.05 mg/L	0.04mg/L	0.05 mg/L
總菌落數	100 CFU/mL	1.0 CFU/mL	100 CFU/mL
大腸桿菌群	6.0 CFU/100mL	0.0 CFU/100mL	6.0 CFU/100mL
總三鹵甲烷	0.08 mg/L	0.04 mg/L	0.1 mg/L
溴酸鹽	0.01 mg/L	0.008 mg/L	-
嗅覺層次分析	-	2	-
五類鹵化醋酸	-	0.03 mg/L	-
生物可利用有機碳	-	0.1 mg/L	-

註：\*：其餘出水水質項目要求與飲用水水質標準相同

\*\*：其餘出水水質項目要求與自來水水質標準相同

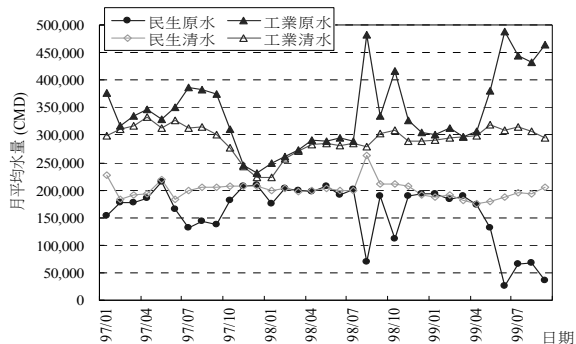


圖 3 鳳山淨水場營運操作水量

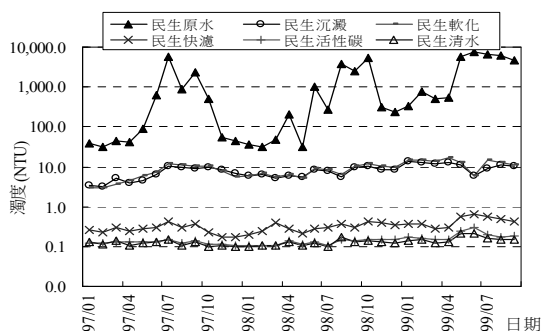


圖 4 民生處理流程各單元濁度

## 2. 總硬度

軟化處理單元進流總硬度為 174~271mg/L，出流總硬度為 133~148mg/L，清水總硬度為 138~146mg/L，如圖 5 所示，清水總硬度低於代操作營運前 181~272 mg/L；軟化處理單元之總硬度去除率約為 38.2%。

## 3. 溴酸鹽

臭氧添加造成之溴酸鹽問題，本場臭氧接觸槽出流之溴酸鹽約 0.4~13  $\mu\text{g/L}$ ，經過生物活性碳床去除後，清水溴酸鹽平均為 2.7  $\mu\text{g/L}$ ，低於飲用水水質標準 8  $\mu\text{g/L}$  以下，如圖 6。

## 4. 消毒副產物

由於消毒副產物前驅物質經由民生處理系統去除，活性碳出水經後加氯後，總三鹵甲烷 (TTHM) 為 4.2~25  $\mu\text{g/L}$ ，HAA<sub>5</sub> 為 5.6~23  $\mu\text{g/L}$ ，如圖 7 所示。清水總三鹵甲烷

低於代操作營運前 24~45  $\mu\text{g/L}$ ，且大部分時間遠低於飲用水水質標準 80  $\mu\text{g/L}$ 。HAA<sub>5</sub> 大部份時間亦遠低於出水水質要求之 30  $\mu\text{g/L}$ 。

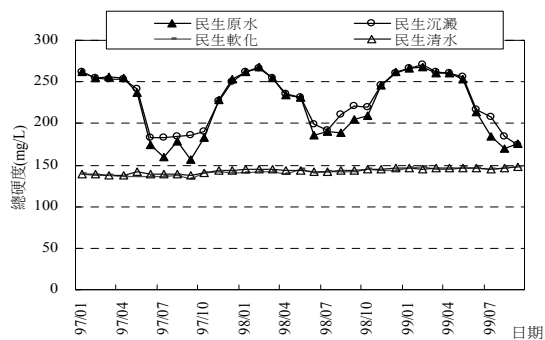


圖 5 民生處理流程各單元總硬度

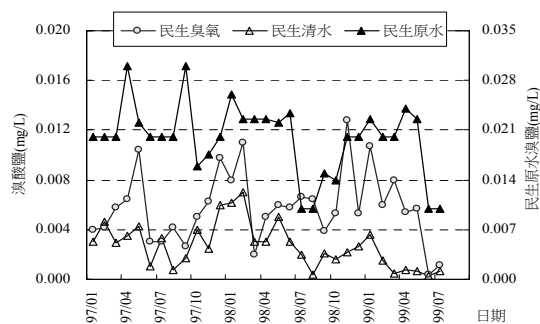


圖 6 民生處理流程各單元溴酸鹽

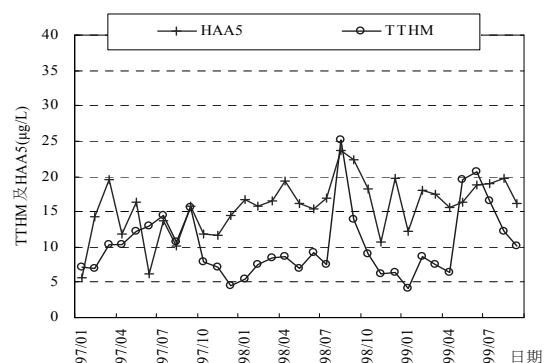


圖 7 民生清水消毒副產物

## 5. 生物可利用有機碳

AOC 由原水之 35~234  $\mu\text{g/L}$  降至清水之 30~65  $\mu\text{g/L}$ ，去除率平均約為 56.9%，大部份時間亦遠低於出水水質要求之 100  $\mu\text{g/L}$ ；臭氧活性碳對 AOC 去除率平均約為 41.9%，如圖 8 所示。

## 6.鐵、錳

鐵及錳於民生沉澱及民生快濾已去除大部分，民生快濾出流之鐵及錳濃度已降至低於出水水質要求(鐵為 0.25 mg/L，錳為 0.04 mg/L)，惟臭氧及生物活性碳床，可再進一步將水中微量之鐵及錳去除，民生清水鐵約為 0.01 mg/L，錳皆為 ND (<0.004mg/L)，如圖 8~9 所示。

### (三)工業處理系統

#### 1.濁度

原水濁度為 10~90 NTU，沉澱出水濁度為 2.4~9.6 NTU，快濾出水濁度為 0.30~0.80 NTU，清水濁度為 0.25~0.75 NTU，各單元出水濁度如圖 11 所示。

#### 2.氨氮

增設工業接觸過濾主要為降低原水中之氨氮，並減少前加氯量及產生之三鹵甲烷等問題；2007 年 12 月迄今進出流氨氮如圖 12 所示，平均去除率約為 0.0~37.4%，其中 7~11 月有部分時間由於工業原水氨氮較低(小於 0.5mg/L)，工業接觸過濾之消化作用效益甚低，關閉鼓風機，故去除率較低或為負值之狀況。

#### 3.鐵、錳

由於工業處理系統採用前加氯方式操作，故藉其消毒作用，經過沉澱處理單元，鐵平均可降至 0.12mg/L，錳平均可降至 0.030mg/L；經過快濾處理單元，鐵平均可降至 0.041mg/L，錳幾乎可降至 ND，如圖 13~14 所示。

#### 4.總菌落數及大腸桿菌群

由於工業處理系統採用前加氯方式操作，故藉其消毒作用，於混凝沉澱可將大部份之總菌落數及大腸桿菌群去除，如圖 15~16 所示。

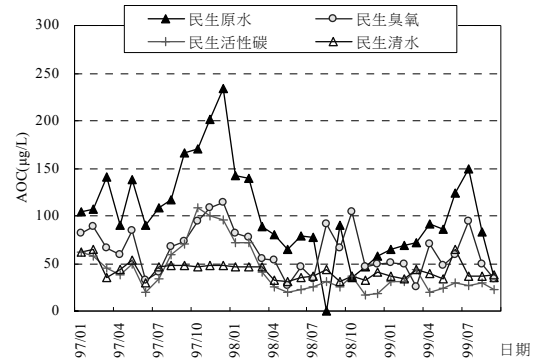


圖 8 民生處理流程各單元 AOC

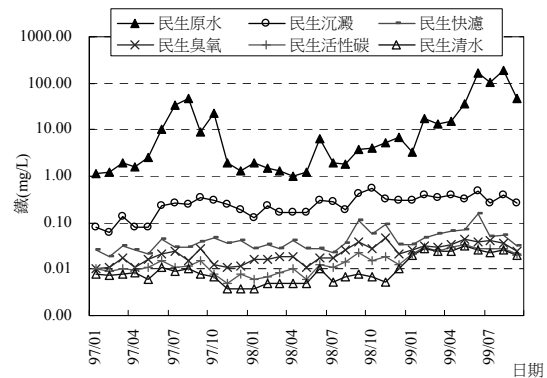


圖 9 民生處理流程各單元鐵

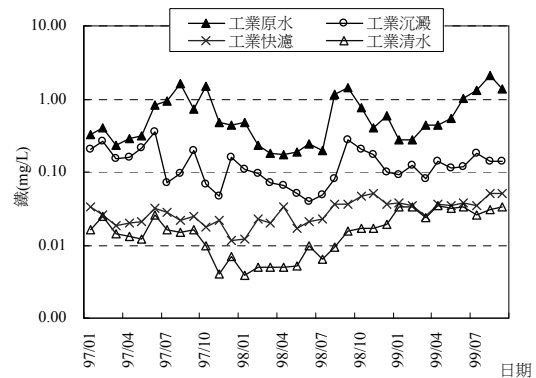


圖 10 民生處理流程各單元錳

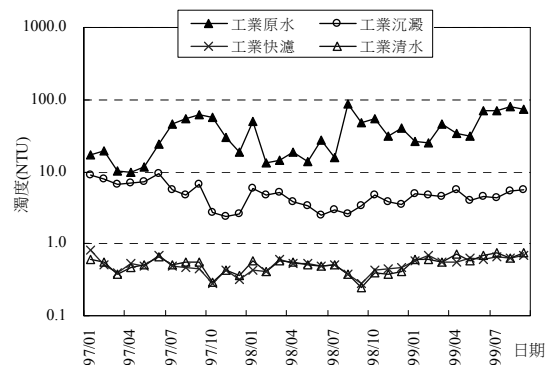


圖 11 工業處理流程各單元濁度

## 六、結語

改善大高雄地區水質，提昇民眾對飲用水信心，一直是台灣自來水公司努力目標及政策，民間參與鳳山淨水場淨水設施改善及營運案是自來水公司首次以 ROT 方式委託民間機構操作營運；於自來水公司第七區管理處及鳳山給水廠監督之下，東昕水務實業股份有限公司及際星科技股份有限公司自 2007 年 12 月開始營運迄今，本場各淨水處理單元皆發揮應有之處理功能，持續生產高質、安全且健康之清水，供給大高雄地區使用。

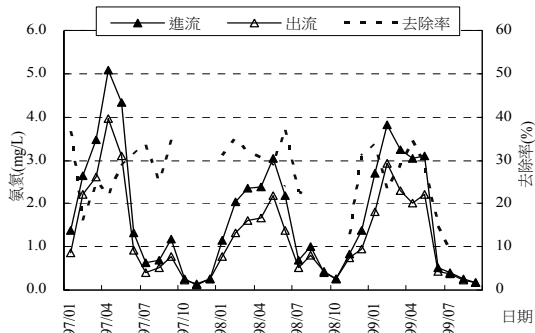


圖 12 工業接處過濾進出流氮氮

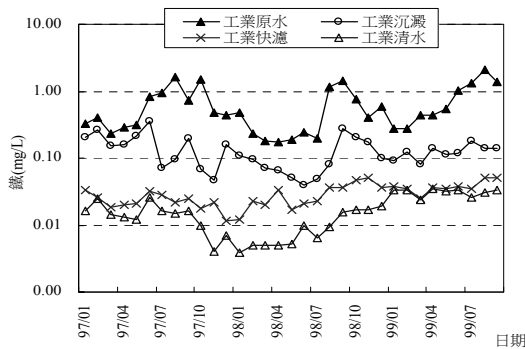


圖 13 工業處理流程各單元鐵

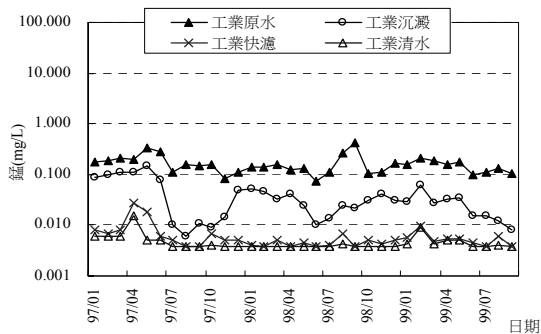


圖 14 工業處理流程各單元錳

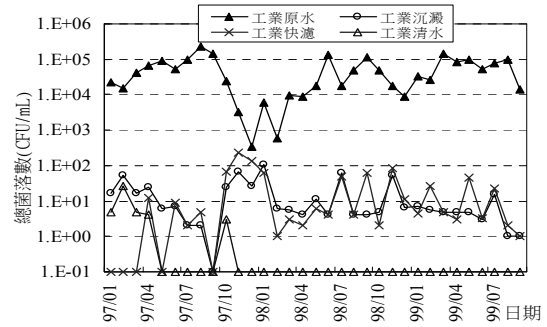


圖 15 工業處理流程各單元總菌落數

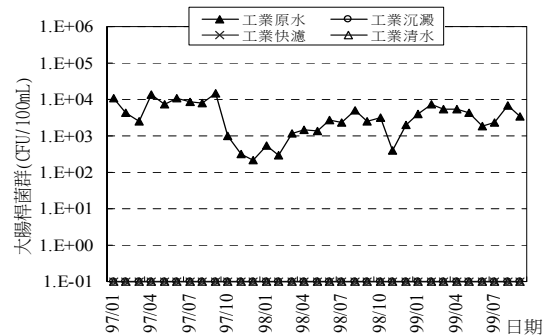


圖 16 工業處理流程各大腸桿菌群

## 參考文獻

1. 民間參與鳳山淨水場淨水設施改善及營運案-興建營運契約，2004年12月。
2. 東昕水務實業股份有限公司，民間參與鳳山淨水場淨水設施改善及營運案，營運執行計畫書，2007年10月。
3. 東昕水務實業股份有限公司，民間參與鳳山淨水場淨水設施改善及營運案-營運月報告，2007年12月~2010年07月。

## 作者簡介

### 高滄君先生

現職：際星科技股份有限公司 協理

專長：水及廢水處理

### 陳佩足小姐

現職：際星科技股份有限公司 副理

專長：水及廢水處理

# 以蘭州第一水廠黃河取水方式探討高屏溪攔河堰高濁度取水方案

文/林發恩

## 摘要

高屏溪攔河堰為大高雄地區最重要的取水水源，目前平均每日取水量約 110 萬立方公尺，由於全球氣候異常變化，近年來降雨強度不斷升高，加上上游集水區水土保持不良，每遇颱風暴雨時原水濁度動輒逾萬，高濁度原水使淨水污泥量大增，遠超過平日需處理的污泥量，使直接使用攔河堰原水為水源之各淨水處理場操作十分困難，只能降載運轉，澄清湖高級淨水場因有澄清湖的沉澱保護功能，使淨水操作不受影響，但日積月累所沉積的底泥，仍需定期疏浚，增加水公司的營運成本。本文以筆者過去參訪從含砂量世界第一的黃河取水的蘭州自來水公司，介紹黃河取水工藝，試圖以他山之石來探討是否有可取之處，供各界先進參考。

關鍵字:高濁度、高屏溪攔河堰、斗槽式取水工法、蘭州第一水廠

## 一、前言

高屏溪攔河堰為大高雄地區最重要的取水水源，民國 88 年 10 月完工啟用，是大高雄地區的取水生命線，平均每日取水量達 110 萬立方公尺，由於全球氣候異常變化，近年來降雨強度不斷升高，加上上游集水區水土保持不良，每遇颱風或山區暴雨時原水濁度動輒逾萬，去年 88 水災洪水砂土更把整個抽水站及機電設備淹沒，造成大高雄地區嚴重的停水事故。由於發生高濁度原水的機率愈來愈高，每次高濁度發生，使直接使用攔河堰原水為水源之各淨水處理場包括

坪頂/翁公園/拷潭/鳳山淨水場難以維持正常出水量，超量的污泥更使淨水場前處理系統操作十分困難，只能降載運轉因應，而澄清湖高級淨水場因有澄清湖的沉澱保護功能，故仍可穩定操作供水，但日積月累所沉積的底泥，仍需定期疏浚。從長遠來看，要根治必需從源頭開始，但要脫離高濁度的惡夢非短期間可達成。

## 二、高屏溪攔河堰取水工法

由圖 1 可看到高屏溪攔河堰是類似順流式斗槽取水工法，由於高屏溪的枯豐水期水量差異大，因應河川水位的波動，利用橡皮堰之操作提升水位，經側向引水流過粗柵後經初沉段即進入抽水井，當上游暴雨使河水含砂量大增時，原設計之初沉段因無法有效排淤，除了淤積水路外更將泥砂帶入抽水井，增加泵浦設備的磨耗，也增加後面淨水場的污泥量。因此、如何降低進水含砂量及有效排泥成了攔河堰的操作重點。



圖 1 高屏溪攔河堰空照照片

### 三、高濁度對澄清湖的影響

澄清湖的主要水源來自高屏溪攔河堰，為了強化高濁度的因應能力，水公司建造一道導水圍堰，將出水工的原水導向遠處，一方面增加湖水置換，一方面使懸浮物質慢慢沉降再流到淨水場的取水區，可將進水濁度大幅降低，使淨水場的操作十分穩定，如圖 2 所示為今年 9 月份的淨水場抽取湖水的濁度變化，可明顯看到進水水質的波動變化，高雄地區 9.19 水災時，南部降下超強大雨，造成攔河堰原水又上升到最高 29,000NTU，而經澄清湖的自然沉降後，淨水場進水濁度最高上升至 63NTU，約經 10 天左右才回到正常狀況，可見澄清湖提供了一個極大的沉澱作用功能，將濁度物質沉積湖底，以澄清湖高級淨水場平均日出水量約 30 萬立方米計，以一次高濁度進水 10,000NTU 為期兩天計，以 1mg/L SS 濁度 0.5NTU 估計，推估兩天高濁度進水將沉積約 1500 噸乾污泥在湖底，因此、澄清湖要不斷的進行疏浚工作。

### 四、蘭州第一水廠取水工法介紹

斗槽式取水工法在大陸地區用於取水量大、含砂量高及冬季河面有浮冰的河流取水設施，由岸邊取水設備及斗槽堤壩組成，可分為順流式、逆流式及雙流式工法，主要因應原水條件不同而設計，一般針對上層水流含砂量較少而下層水流含砂量較大時利用上層順流式斗槽進水方式進水，針對水流含砂量不大但有較嚴重的浮冰原水時利用逆流式斗槽進水方式進水。若水流含砂量很大，雙向式斗槽則可利用閘門控制，由逆流方向進水，使沉砂沉積於流道內，再利用打

開順向流道的閘門進行沉澱區的沖洗，將沉砂順流帶走。

蘭州第一水廠水源為黃河表面水，在黃河河岸設計雙向式斗槽取水流道(如圖 3~圖 5)，主河道河水經隔間堤壩自下游約 100 公尺轉向逆流至進水口抽水井，可在進水流道內大量預去除大顆砂粒，利用上游閘門開啟，以順流原水沖洗取水內流道淤砂(現場操作高濁期最短約 6 小時一次)，經取水井抽水泵揚升水位，利用總數共 20 組直徑 100M 的圓形沉澱池進行初沉(如圖 6)，視水質來判斷是否加藥(高分子聚合物)，經初沉後上澄液利用抽水泵送至第二水廠進行傳統的淨水程序處理，初沉污泥則重力方式排回黃河下游，設計取出上澄液最高可達 150 萬 CMD，目前操作量約出水 100 萬 CMD，進水設計含砂量為 100Kg/m<sup>3</sup>，(暴雨期最高記錄為進水含砂量 270Kg/m<sup>3</sup>)，目標控制初沉出水濁度在 100NTU 內(最高約 400NTU)，高濁期間加入高分子聚合物進行混凝以增加污泥沉降速率，排泥量依含砂量增高而增大(最高至排泥率 50%)。低濁期間則不加藥，參訪期間濁度約 300~400NTU，上澄液約 50NTU 左右。

本工法設計流程簡單，用簡易的重力沉降方式進行固液分離來降低濁度，系統的重點在降低輸送過程中泥水對泵浦及管線的磨耗及管線內淤積的操作風險，依參考資料的設計建議，除了合適的耐磨材質(球墨鑄鐵)，降低泵浦操作轉速可得到較長的葉輪壽命，其建議設計泵浦轉速及揚程的相關性如下：

$$H: \text{ 泵浦揚程 (m)} \quad n: \text{ 泵浦轉速 (rpm)}$$

$$H n / 1000 \leq 45$$

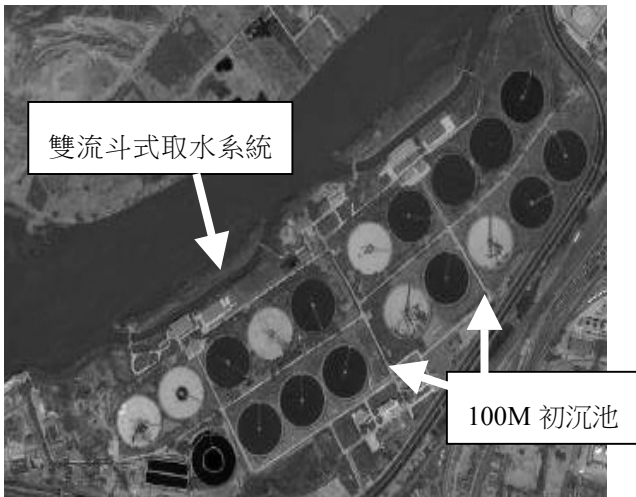


圖 3 蘭州第一水廠空照



圖 5 雙流斗槽內流道

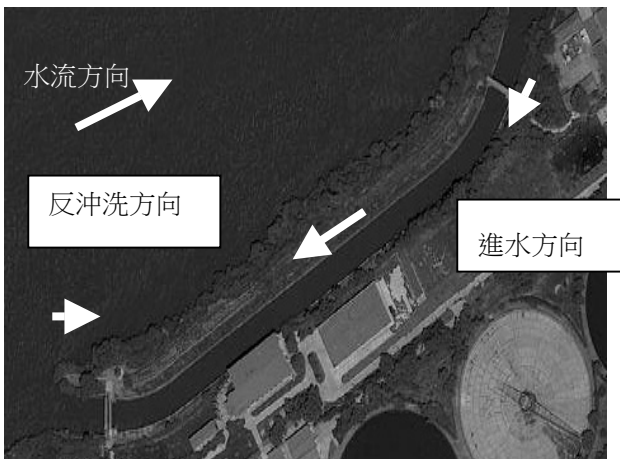


圖 4 雙流式斗槽空照



圖 6 直徑 100M 週邊驅動沉澱池

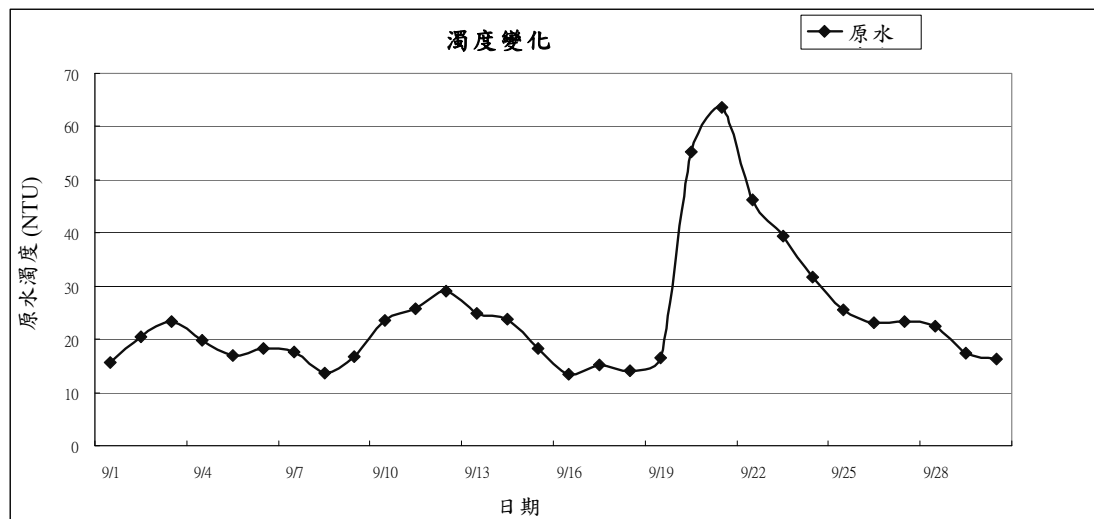


圖 2 2010 年 9 月澄清湖淨水廠原水濁度變化

對於黃河高濁水的管線輸送設計流速，考慮降低管件磨損及防止淤積，參考資料建議以 1.0~2.0m/sec 及排泥管徑需  $\geq$  300mm 為宜。

## 五、討論及建議

由於高濁度原水出現的機率愈來愈高，而大高雄地區民生用水水源沒有足夠的水庫貯水，在高濁期間仍需取水使用，造成淨水場無法處理大量污泥。為穩定大高雄地區供水系統，若能參考蘭州水廠取水方式，在進抽水井前先泵送至一初沉系統，可預先去除一定量的泥砂，澄清液再引入原有抽水井區，而底泥直接回歸高屏溪，如此應可降低攔河堰的運轉操作難度及淨水場超量污泥的操作問題，但實務瓶頸是用地問題，若結合高效率的沉澱池設計可大幅降低用地需求，而經濟面是否可行則需評估降低進水含砂量對攔河堰及後續淨水廠長期的操作成本效益。

每當颱風來襲，對淨水場來說又是面臨高濁度的考驗，相信要在這幾年內遠離這惡夢恐難如願。

## 參考文獻

- 1.方晞伏苓「高濁度給水理論與技術」化學工業出版社北京2004年。
- 2.周金全等「地表水取水工程」化學工業出版社北京2005年。

## 作者簡介

### 林發恩先生

現職：中宇環保工程股份有限公司水務技術處經理

專長：環境工程、水處理設計

# 極端旱災衝擊下自來水有效因應之探討

文/朱健行

## 摘要

自來水事業因應氣候變遷極端旱災的挑戰，應以新思維面對，要求水價合理化，避免水價偏低造成用水浪費，採用分年合理調整後，臺北地區的水資源問題即可解決泰半；此外，為了維護民眾基本用水權益，必須以價制量，訂定季節差別水價，促成旱季加強節約用水，達成節水減碳之目標；並呼籲民眾加強認知：「水為永續發展之關鍵資源，沒有水就沒有未來」；面對異常氣候常態化及複合型洪旱災害的威脅，水利產業需極力調適及減緩衝擊，呼籲居民不可浪費水資源，有效利用自來水；保育水資源，視情況發展不受氣候因素影響的新興水源。

關鍵字：氣候變遷，永續發展，調適，減緩衝擊，水價合理化

## 一、前言

水為生命的要素，亦為生態、生產、生活所必須之關鍵資源，人不可一日沒有水，水已是 21 世紀最重要的課題；洪水、缺水、水污染、環境生態退化、親水空間不足等水資源問題將限制國家社經發展，水資源永續發展及氣候變遷衝擊是為水資源管理的重要挑戰。台灣地區因具有地勢陡峭，河川坡陡流急、降雨流時空分布不均等自然限制因素，在加上全球氣候變遷，近年來極端氣候事件不斷增加使得台灣地區水、旱災災情不斷，使水利部門警覺到，水資源管理應有所調整，以能因應未來更大的挑戰。強降雨增強一倍，幅度高於全球平均，弱降雨減少

50%，春冬農作恐現旱象；台灣先天水環境特殊，不利水源利用及防洪治水，年平均降雨量多，但每人每年分配降雨量卻甚少，降雨量豐枯差別甚大，可留用水量有限，應呼籲民眾體認旱災之危機，轉撥農業用水為民生、工業用水，亦是水資源永續發展之轉機。

## 二、全球氣候變遷趨勢

北極冰原面積以每 10 年 9% 速度減少，Muir Glacier, Alaska 冰川的流失嚴重，冰河與南極等地冰融、海水熱膨脹、溫度增加、蒸發散量增加及水溫增加；導致海平面上升、颱風強度增強、降雨量變化、豪雨與乾旱頻度增加、用水需求變化、溶氧降低有機分解增加；如此將導致河川流量增加、水源運用時空特性改變、水量水質特性改變，如此將衍生暴潮及海岸侵蝕、洪水量增加、土沙災害增加、缺水危機增加及水環境惡化；在台灣極易造成極端洪旱災之機率，是為生態環境之危機，必須謹慎探討。

極端氣候的發展研究必要要求是具有充分說服力的證據，做為極端氣候長期變化的佐證，這是氣候變遷無法改變的限制。有關事件極端性的判定準則和分析極端事件隨時間變化，因有相當成熟的統計可以選用，是研究難度較小的部份。極端旱災仔細探討仍有跡可循，在台灣冬、春季節，若是無東北季風及鋒面帶來季節雨，無雨灌溉則可能有小旱跡象；梅雨季節國曆 5 月直到 6 月無大型鋒面雨降臨且無午後雷陣雨滋潤則有中旱可能，必須按照節約用水計畫實行

節能減碳。7、8 月若無颱風帶來充分雨量，則可能帶來旱災；若適時適量降下甘霖，則可解大旱；但若逢旱季久未下雨，突然颱風帶來豪雨，可能形成土石流、沖斷橋梁、水庫貯水濁度高漲，反而影響有效供水，因此極端氣候及極端旱災反成為常態現象，全然而言並非全是好現象。

雨量強度增強和乾旱現象加劇，並同時在地球不同區域頻繁出現，的確是科學家所擔心的氣候變遷發展趨勢。陸地和海面上的溫度都升高，使地面和海面的水蒸氣增多，增加了大氣的水分供應量；更多的雨並不等於更多可用的水，科學家也擔心未來大氣對流系統變得更強更集中，會造成許多地方乾期延長，雨期縮短，就如同 2009 年之八八水災帶來居民慘烈之犧牲。

### 三、台灣天然與後天問題

#### (一)先天天然問題

台灣地形陡峭水資源蓄積不易，河谷狹窄水庫容量受限；地質年淺質弱，適合建壩地點受限，集水區地質不佳，地表年沖蝕量大，影響水庫過多淤積。先天水環境特殊，平均年降雨量 2487(公厘/年)是世界平均 973(公厘/年) 的 2.6 倍；每個人之平均分配雨量為 4,074(立方公尺/人/年)不及世界平均的 1/5。

先天天然水環境空間分布不均：山區最高超過 8,000mm；平原最低不及 1,200mm。先天水環境時間分布不均：豐、枯水年降雨量差異達 1,500mm；季節性豐枯比南部達 9:1。

先天水環境地形陡峭河谷狹窄，地質破碎，易造成沖刷，921 地震後地質更加鬆動，近年來更有八八水災導致嚴重沖蝕形成土石流，造成人員嚴重死傷。

#### (二)後天人為破壞

後天人為破壞、不當利用，更加衝擊水環境：

- 1.土地過度開發，都市化效應浮現。
- 2.用水量持續增加，用水未合理分配。
- 3.河川水質惡化，降低水資源可利用量。
- 4.超抽地下水，導致地層下陷。
- 5.坡地超限利用，水土保持不佳。
- 6.人口集中導致污水量增加。

### 四、台灣水資源問題

#### (一)傳統水源設施開發不易、成本增加。

用水量持續增加，但可供建壩蓄水之優良壩址多已開發殆盡，加上環保意識高漲，開發成本逐漸升高。

#### (二)既有水庫容量有限，抗旱能力不足。

既有水庫 2006 年供水 52 億立方公尺，有效容量 20 億立方公尺，平均年每年須滿庫運轉 2.53 次。(石門水庫一年須滿庫運轉 4 次)

#### (三)水庫淤積速率增加，庫容逐年降低。

既有水庫無排砂設計，淤砂問題嚴重，平均年淤積量 900 萬立方公尺，年損失供水量約 2,000 萬立方公尺。

2004 年艾莉颱風，石門水庫淤積 2,780 萬立方公尺；2009 年莫拉克颱風曾文水庫淤積 9,000 萬立方公尺、南化水庫淤積 3,600 萬立方公尺，嚴重影響貯水，供水量相對減少。

#### (四)颱風豪雨後，原水濁度高影響供水質與量，每年平均侵台颱風次數 1~7 次。

#### (五)水價偏低，用水浪費。應採節約用水。

台灣地區推估至 2021 年，高成長用水需求將達每年 215 億噸，遠超過 200 億噸之目標，故勢必節約用水，以使用水總量限制在

200 億噸上限；依各標的之用水特性即可採取之措施，水利署建議農業用水以節水 10%、民生用水每人每日用水量 250 公升、工業用水以回收率提升作為各標的 2021 年之節水目標，以期在管制總量下，達成供需平衡，展望加速落實各項節水措施，而臻「節水型社會」之境。

## 五、水源開發與水資源對策

在總量管制的前提下，適度以多元方式開發新水源。多元化水源開發可分成兩項，一為傳統水源包括地面水及地下水；一為新興水源包括生活污水、事業廢水(包括工業廢水、農業廢水)、海水、貯流雨水，再經回收處理成再生水，海水淡化成海淡水，國內水資源開發政策早年以興建水庫、堰壩，開發川流水為主，地下水開發為輔；但近年來逐漸轉型為傳統與新興水源並重，使得新興水源為我國未來水資源開發利用的重點課題。水利署早在五年前開始規畫新興水源，特別是水再生、海水淡化，已增加相當經驗；未來水資源對策如表一。

國內推動新興水源的最大困難之一，是水費嚴重偏低扭曲水資源價值，以目前每立方公尺自來水送水到戶，只收不到新台幣十元的水費來看，任何水源開發成本都顯得太貴，是台灣水資源經營管理最大的難題。

## 六、水價調整的原則思考

自來水是否該適度調漲以反應水資源真實成本，投資報酬率應維持在哪一個比率才合理？還是有其他經濟因素影響了民眾用水習慣？以價制量，節約用水為最高原則。

水價調整對民生的影響，其實有多方面的牽動，自來水事業應以新思維面對極端旱

災的挑戰，要求水價合理化，採用分年合理調整水價。純就自來水費率結構而言，水價的基本調整原則：「基本需求原則」、「全民共享原則」、「使用者付費原則」、「負擔能力原則」與「資源節用原則」。另一方面，從成本控制與合理報酬率的觀點檢討，必須注重「效率原則」亦即是先消除民眾心中對於「機關冗員、呆料與缺乏效率」的不良印象，才能讓民眾接受水價的調整，進而有效反映真實的產銷與營運成本。其次要兼顧資源經濟與社會永續發展的趨勢，了解飲用水水質的需求與處理技術的進步，才能確切掌握自來水開發與淨水成本。至於水價費率計算，必須就以下各問題詳加思考：

- (一)水價是否足夠反應用水人對於自來水替代品的機會成本？
- (二)水價是否涵蓋資產投入的折舊及幣值變動後的汰換能力？
- (三)水價是否合乎供水品質需求？
- (四)水價是否考慮能力負擔原則，採必要而嚴謹的累進費率？
- (五)水價是否兼顧適度的社會公益與投資報酬率？
- (六)水價是否能夠防杜資源浪費而有效的永續利用？

然而自來水經營策略採統一水價的作法，雖具有計價收費方便、民眾易於了解、不易混淆之特點。但也有幾項結構問題須考慮，如：

- (一)各供水區生產成本不同，季候豐枯造成取水成本不同，統一的水價並不公平。
- (二)目前的費率計價實質上有累退效應，反而優惠超大型用水戶。
- (三)半價優惠用水單位以及交叉補貼的措

施，有實質上不公平。

(四)漏水率高、售水率低，將無效成本轉嫁使用者，不符合企業經營理念。

基於上述幾項原則與問題考量，主管機關必須要先找出合理的平衡點，並在整體政策上有整合性的配套，才能避免其他水源任意被取用或地下水資源被私自取用的情況。

## 七、水質標準與處理技術

水為永續發展之關鍵資源，沒有水就沒有未來，不是口號而是預期的事實；水質標準攸關飲用水的供水品質與用水者之健康安全，因此先進國家對水質標準非常注重。飲用水水源水質標準對於自來水水源列有 10 項管制標準線值。至於「飲用水水質標準」則分成「細菌性標準」「物理性標準」及「化學性標準」三類共 50 項標準。另一方面，飲用水標準項目與限值的更動，也會促進淨水的進步與發展處理科技，以便能供應合於飲用水水質標準之自來水。其次關於消毒副產物疑慮及消毒方式的選擇，也會有不同以往之多元設計，以減輕對於消毒產物的疑慮。水利產業需極力調適及減緩衝擊，呼籲居民有效利用自來水，達成節水減碳之目標，並且積極開展新興水源，減少天然水資源開發及污染排放；關於消毒副產物疑慮以及消毒方式的選擇，也將會不同以往之多元設計，以減輕對於消毒副產物的疑慮。

## 八、水價需調整的重要原因

(一)提昇用水效率，水價適時獲得合理調整，事業得以健全經營與發展，進而提升服務品質；此外，為了維護民眾基本用水權益，必須以價制量，訂定季節差別水價，促成旱季加強節約用水。

(二)水價合理化後之效益：國家資源公平使用，減緩水源開發壓力，改善國民用水意願，基本維生用水得適用低費率原則，維持生活水價合理化。

(三)若不調整水價則可能形成用水浪費，加速水源開發壓力，自來水事業無力改善供水設施，造成供水品質降低財務結構惡化，影響國家資源有效利用。

(四)我國現行合理水價計算公式是採平均單位水價=(成本+合理利潤)，而台北自來水事業處平均單位水價=營運費+維護費+稅捐+折舊費+財務支出+投資報酬(元)/售水量(立方公尺)另外台北自來水事業處自八十三年三月調整水價時，將水源回饋費每度 0.2 元納入水價。

(五)合理水價成本包含有：水資源使用成本、水資源環境生態成本、淨水與管線成本、廢污水處理成本及研究發展費。

(六)未來水價調整的基本原則：主要將考量基本維生用水部份，微幅調整或不調整，以不影響民眾生活負擔為原則。

(七)水價合理調整與水資源利用之關聯：配合民眾之環境教育，使民眾了解水資源珍貴，以達水資源永續利用的目的。

(八)費率如何訂定，歷年來不同供水區皆有其不同任務與條件，因此訂價基準不盡相同，舊費率結構而言，至少應考慮下述諸原則：基本需求、全民共享、使用者付費、負擔能力、資源節用。

## 九、高科技工業園區用水問題

台灣地區從 60 年代開始設置科學園區，帶動台灣產業的升級與經濟發展。高科技圈所需要的用水量大，對於水質要求也較一般產業用水為高。高科技用水的部份，個

別廠商會依個別需求再做處理，自來水事業單位，只要供應充分水量即可。

近年來由於人口與產業成長，用水量每年皆顯著增加，面對固定的供水總量以及越來越頻繁的旱象，高科技產業在電力不穩擔心之外，開始憂慮用水量不繼之困境。由於高科技產業的產值高於其他，而且出貨若延期會造成信用與合約問題，因此經濟部研訂「農業用水移用補償作業要點」，遇有缺水狀況，可適時調撥農業用水以為因應。不過此舉對於本土農業將產生負面影響。

## 十、結論與建議

極端旱災衝擊下自來水總目標為創造新的水文化，建立節水型社會；致力消滅旱災損失，確保人民財產安全。自來水因應對策如下：

- (一)運用價格策略，強化需求面管理，促進水資源合理調配利用。
- (二)落實受益者付費，受限者得償與破壞者受罰，兼顧社會公平與正義，建立災害預防機制，有效防範旱災災害，增進自來水合理利用。
- (三)詳定水權管理相關條文，加速推動「健全水權登記與管理制度」，以促進水資源合理分配。
- (四)加速完成自來水管網改善工程及小區計量全面作業，有效強化區域性自來水調配利用，以因應區域性供水問題。
- (五)全面推動實施「自來水供水系統檢驗改善方針」，並加強改善維護輸水管線，以提升輸配水效率，減少漏水量。
- (六)完成「合理水價說帖」，釐定合理水價結構，適度反映水源開發成本，並採區段遞增費率，以價制量，杜絕浪費。

- (七)加強節水措施之各項獎勵補助與優惠。
- (八)研究開發新興水源，有效紓解枯旱期離島等局部地區缺水問題。
- (九)推動自來水經濟研究，研擬價格策略與各項經濟層面之管理措施，以利自來水工作之推動。
- (十)加強國際合作，適時引進經驗與技術，協助自來水開發工作，國際合作敦睦邦交。

## 參考文獻

- 1.臺北自來水事業處1977，合理水價之制定，台北市政府。
- 2.胡思聰2002，台灣地區水資源利用現況與自來水合理水價探討。
- 3.吳義雄2003，自來水水價調整應有的思考，國政思考。
- 4.童慶斌、林嘉佑，氣候變遷的挑戰與因應。
  - 5.蔡勳雄2010，氣候變遷的水資源之衝擊與調適策略。
- 6.盧孟明2010，極端氣候-臺灣面臨的新挑戰，臺大校友雙月刊，No.69 May。

## 作者簡介

### 朱健行先生

現職：台北自來水事業處供水科配水股工程員

專長：自來水規劃、水壓管理，供水調配

# 即時水質監測-「多功能微型水質監測系統」

文/陳文祥、王瓊紫

## 一、前言

自來水原水早期預警與原水水質以及送配水水質監測，傳統的監測方式大都一個水質參數以一項儀器進行偵測，往往需要較大的空間來容納監測設備，且須耗用甚多人力進行操作及維護工作，若能以整合之多功能微型水質監測系統，不僅可達到綜合性量測、顯示、輸出及維護診斷的功能，也具經濟效益。

## 二、系統探討

自來水原水水質的重要參數包括濁度、總有機碳、硝酸鹽氮、氨氮、pH、導電度等等，送配水水質則包括濁度、總有機碳、餘氯、pH、導電度等等。傳統的水質監測儀器一台可量測一至二個參數，欲監測完整的水質參數需要安裝許多台來自不同製造商的儀器。因為不同廠牌的儀器各有其操作介面，操作人員必須熟悉多套操作軟體，相應而來的維護工作也佔據了自來水廠操

作人員原本可用於本職工作的寶貴時間。

多功能微型水質監測系統的關鍵要素，是結合操作控制平台（圖 1）以及線上多參數光譜分析探棒（圖 2），以現場監測儀器而言，目前世界上大多數的產品都不具有感測器管理校正維護記錄功能，也沒有監測儀器操作管理軟體的設計。最新一代的操作平台配備觸控螢幕，以直覺式圖示拖曳操作，具有操作、顯示、警報、控制及通訊輸出等功能，可透過 PC、手提電腦、PDA、iPhone、網路瀏覽與操作。標準機型可接三支光譜探棒，並可配備無限擴充的開放介面供其他廠牌的感測器或分析儀訊號使用，顯示與管理各項水質參數，而且可規劃、校正及管理監測站，亦可選擇（選購）與市面上常見之 SCADA、RS485、類比訊號等介面連線，可藉由 Ethernet / XML 協定與較大的網絡系統整合，並可自動經由乙太網路或 GPRS 傳輸檔案進入外部伺服器，整合 LAN 介面進行遙控及數據傳輸。

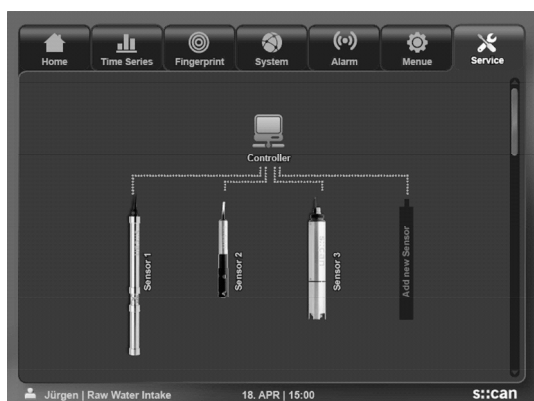


圖 1 多功能微型水質監測系統顯示畫面及監測平台管理畫面

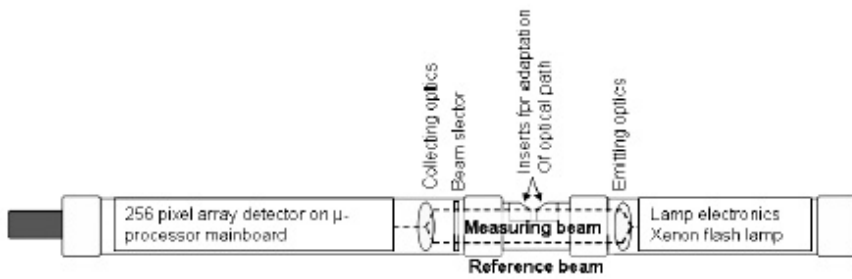


圖 2 浸入式光譜探棒組成的圖示 (左)。浸入式安裝的實例 (右)

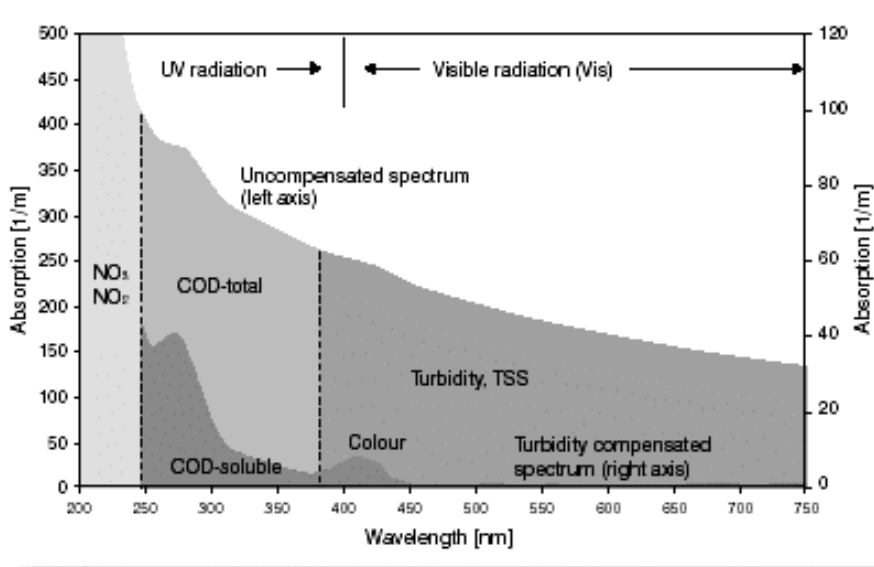


圖 3 UV-Vis 光譜，以及從而得到的參數及其特徵吸收曲線

多功能微型水質監測系統的核心是可浸入式的紫外光-可見光(UV-Vis)全光譜感測探棒，UV-Vis 吸收光譜的分析原理一次可測定多個水質參數 (圖 3)，因此，使用單一探棒即可量測多個參數，包括例如 COD、TOC、UV-254、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、TSS 及濁度，參數之間的切換僅需更新儀器的操作軟體。吸收光譜分析法是光學檢測方法，不牽涉到試劑的化學反應，30 秒鐘就可同時得到多參數的測值，因此可達到即時(real-time)監測，快

速反應的效果。全光譜感測探棒使用堅固耐用的材質 (不銹鋼)，接觸水的部分無任何可動零件，主要的維護工作是手動或自動清洗光學測窗 (配備微型空氣壓縮機)，因此，幾乎無任何操作維護費用產生。

除了全光譜感測探棒之外，多功能微型水質監測系統還採用智慧型設計且低維護需求的一系列感測器，包括光學溶氧感測器、複合式離子選擇性氮氮感測電極、固態 pH 電極、導電度電極、電化學式餘氯感測電

極等等，皆可與通用控制平台，整合成容易使用且具成本效益的數位監測系統。

早期預警量測參數在許多方面都不同於定義明確的一般化學物質參數。最重要的是必須快速反映出可疑的水質變化，強調即時快速量測的必要性，以利淨水場操作人員的應變，再者，前提是必須具備高靈敏度，誤警報發生率低，對於多樣污染源有較寬的反應帶，在許多案例中，淨水場操作或管理人員表示需要針對應用及測點開發客製化的參數。本文介紹的全光譜感測探棒就符合上述應用上的需求條件，在歐洲伯拉第斯拉瓦水公司 (Bratislava Water Company) 的評估測試中表現優異，獲選成為該公司的原水早期事件警報監測儀器系統，全光譜感測探棒除了常見的水質參數之外，還可定義額外的光譜警報參數，安裝初期先在感測器訓練 (training) 期間收集兩三個月的線上光譜數據 (圖 4)，建立基線光譜(形狀及特徵)，然後使用吸收光譜的一次微分及二次微分來

辨識偏離「正常」光譜特徵的水質異常偏差，如此一來，即使基線持續變動，也能偵測到水質異常的所造成的偏差。

上述的全光譜感測探棒之智慧型感測器可完全浸入水中於現地 (in-situ) 安裝操作，當現場應用條件需要時，也可採用旁通式 (by-pass) 的設置，例如自來水送配水監測網絡的應用，此時，多功能微型水質監測儀將是最佳的選擇，僅需要提供電源及單一水樣連接，大幅提升了操作及維護的簡便性。多功能微型水質監測儀是模組化設計，包括一組操作控制平台及全光譜感測探棒，並且整合所有必要的感測器。操作平台的模組提供介面給所有額外的感測器以及與外部系統 (SCADA, PLC 等等) 的通訊介面。傳統的水質監測站盤體約為 200 x 200 x 80 cm，新一代的多功能微型水質監測系統的簡潔配置使得監測盤體的尺寸可小至 55 x 35 x 35 cm (圖 5)，可安裝於有限空間。

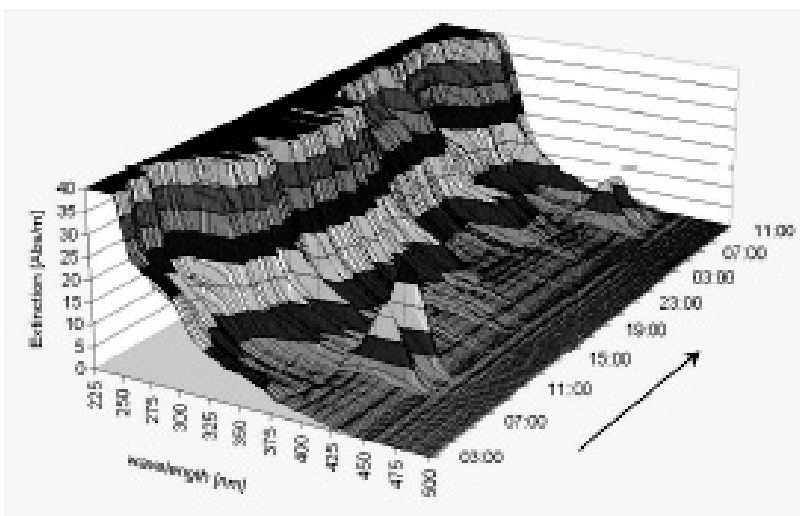


圖 4 3-D 吸收光譜圖譜

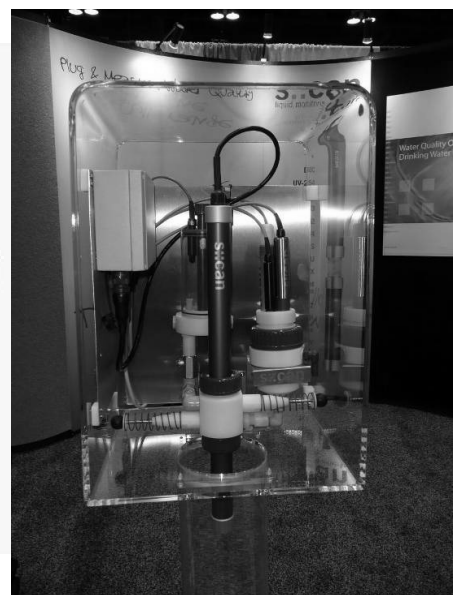


圖 5 多功能微型水質監測系統

為了確保淨水場操作上的及時應變與民眾用水的水質安全，自來水原水及送配水水質的監控是不可或缺的一環。UV-Vis 吸收光譜分析法可同時量測多個水質參數，而且藉由光譜微分演算法可辨識出水質的異常變化。經由最新一代的操作控制平台整合線上 UV-Vis 光譜分析探棒及所需的感測器模組，多功能微型水質監測系統可提供即時的原水及送配水水質數據，並且可發揮原水及送配水異常事件預警的效果。

### 三、成本及效益分析

以原水監測 TOC、濁度、硝酸鹽為例，單一紫外光-可見光(UV-Vis)全光譜感測探棒即可監測所有參數，而傳統的水質監測則需多套分析儀才能達到。表 1 列出全光譜感測探棒監測與傳統監測儀器在初設成本及操作維護成本的差異，由表中可看出採用全光譜感測探棒的監測系統，所需之成本約傳統水質監測儀器之半，有顯著的成本優勢。

除了全光譜感測探棒之外，多功能微型水質監測系統還採用智慧型設計，為低維護需求的一系列感測器，包括光學溶氧感測

器、複合式離子選擇性氨氮感測電極、固態 pH 電極、導電度電極、電化學式餘氯感測電極等等，皆可與通用控制平台整合成容易使用且具成本效益的數位監測系統。

在送配水監測濁度、餘氯、pH 與導電度部分，多功能微型水質監測系統的設計概念，是採用新型操作控制平台將各種感測器整合成一套監測系統，而傳統的水質監測平台可能需多組接收紀錄器經過整合後才能達到。表 2 列出新型操作平台的監測站與傳統監測平台在初設成本及操作維護成本的差異。雖然在成本上沒有顯著差別，但是整合的新型操作控制系統使得操作維護更為簡便。

### 四、實例與運用

在實際應用面上，在中國武漢及美國紐約市已有裝置多功能微型水質監測系統的經驗，武漢以長江的水作為自來水水源，但是在武漢上游的長江不時有不明污染物進入取水站，為能確實掌握水水質的狀態，武漢自來水廠在長江沿岸及取導水渠道設置水質監測設備（圖 6），以便即時掌握水質，

表 1 原水水質監測採全光譜感測探棒與傳統監測儀器成本比較

單位：萬元

	多功能微型水質監測系統**	傳統監測儀器**
初設成本 (TOC)		120 ~ 150
初設成本 (濁度)	150	20 ~ 22
初設成本 (硝酸鹽)		30 ~ 35
操作維護成本* (TOC)		14 ~ 16
操作維護成本* (濁度)	2	1 ~ 2
操作維護成本* (硝酸鹽)		3 ~ 4
小計	152	188 ~ 229

\* 操作維護成本包含每年試劑及耗材。

\*\* 傳統監測儀器，在 TOC 採用 UV 化學氧化法、濁度採用光學散射法、硝酸鹽採用離子選擇性電極法量測。

表 2 配水系統水質監測採全光譜感測探棒與傳統監測儀器成本比較

單位：萬元

	多功能微型水質監測系統**	傳統監測儀器**
初設成本 (濁度)		13.5
初設成本 (餘氯)	40	15
初設成本 (pH)		7
初設成本 (導電度)		6
操作維護成本* (濁度)	0	1
操作維護成本* (餘氯)	1	0
操作維護成本* (pH)	1	1
操作維護成本* (導電度)	0	0
小計	42	43.5

\* 操作維護成本包含每年試劑及耗材。

\*\*表中的濁度採用光學散射法量測，餘氯、pH 及導電度皆採用電化學分析法。



圖 6 武漢自來水廠取水站及傳統水質監測設備

先前所採用的水質監控設備，體積龐大、無法即時提供水質訊息、購置及維護成本高且尚須不定時補充儀器所需之藥品人力需求也大，諸如上述之各項待改進的缺點，而多功能微型水質監測系統（圖 7）檢驗項目包括 COD、BOD、TOC、DOC、硝酸鹽氮( $\text{NO}_3^-$ )、亞硝酸鹽氮( $\text{NO}_2^-$ )、氨氮( $\text{NH}_4^+$ )、懸浮微粒(SS)、pH、溶氧( $\text{O}_2$ )及溫度等多項水質參數，與傳統的水質監測相較多功能微型水質監測系統對於自來水水源早期河川預警提供了及有效的幫助，將許多的缺點大幅改善，提供了河川水質長期紀錄、即時反應的可能。

在美國，紐約市基於用水安全計畫規劃在市區內裝置 50 套以上的配水系統多功能微型水質監測系統（圖 8），可利用 PDA、手提電腦或行動觸控螢幕裝置，任何以網路應用程式的裝置都有可能藉由網絡纜線或無

線連接至中央控制中心，當然包括 ID 檢查及安全密碼，目前正在進行供水系統線上測試，相信這在 911 事件後對於公共給水安全的提升將向前邁出大步，圖 9 為多功能微型水質監測儀架構及資訊傳遞圖，讓我們更了解對於所提供之即時水質參數的應用。

### 結論

為了確保淨水場操作上的及時應變與民眾用水的水質安全，自來水原水及送配水水質的監控是不可或缺的一環。UV-Vis 吸收光譜分析法可同時量測多個水質參數，而且藉由光譜微分演算法可辨識出水質的異常變化。經由最新一代的操作控制平台整合線上 UV-Vis 光譜分析探棒及所需的感測器模組，多功能微型水質監測系統可提供即時的原水及送配水水質數據，並且可發揮原水及送配水異常事件預警的效果。

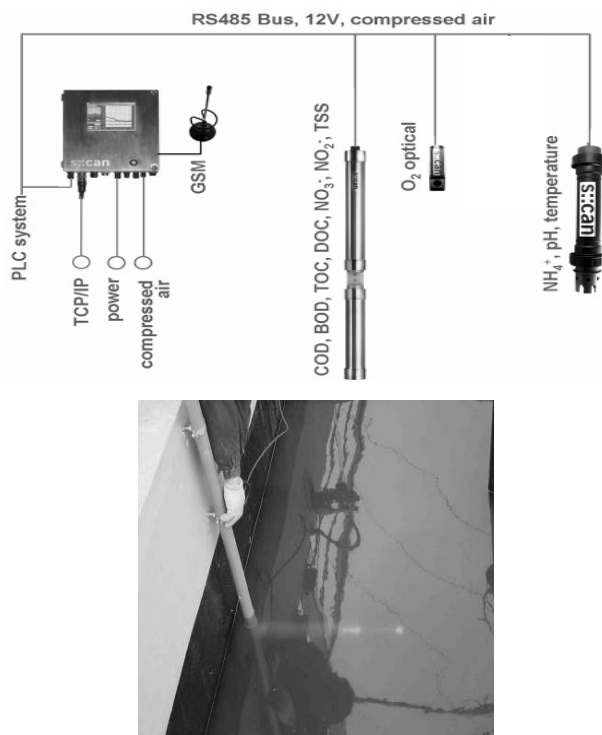


圖 7 武漢自來水廠多功能微型水質監測儀

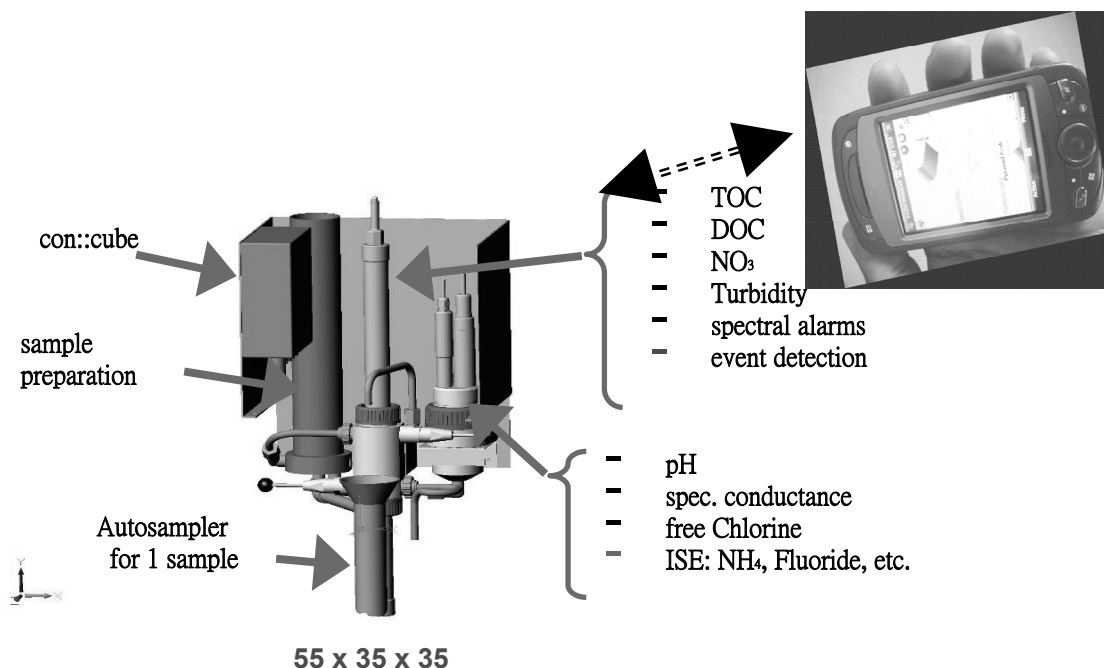


圖 8 武漢自來水廠多功能微型水質監測儀

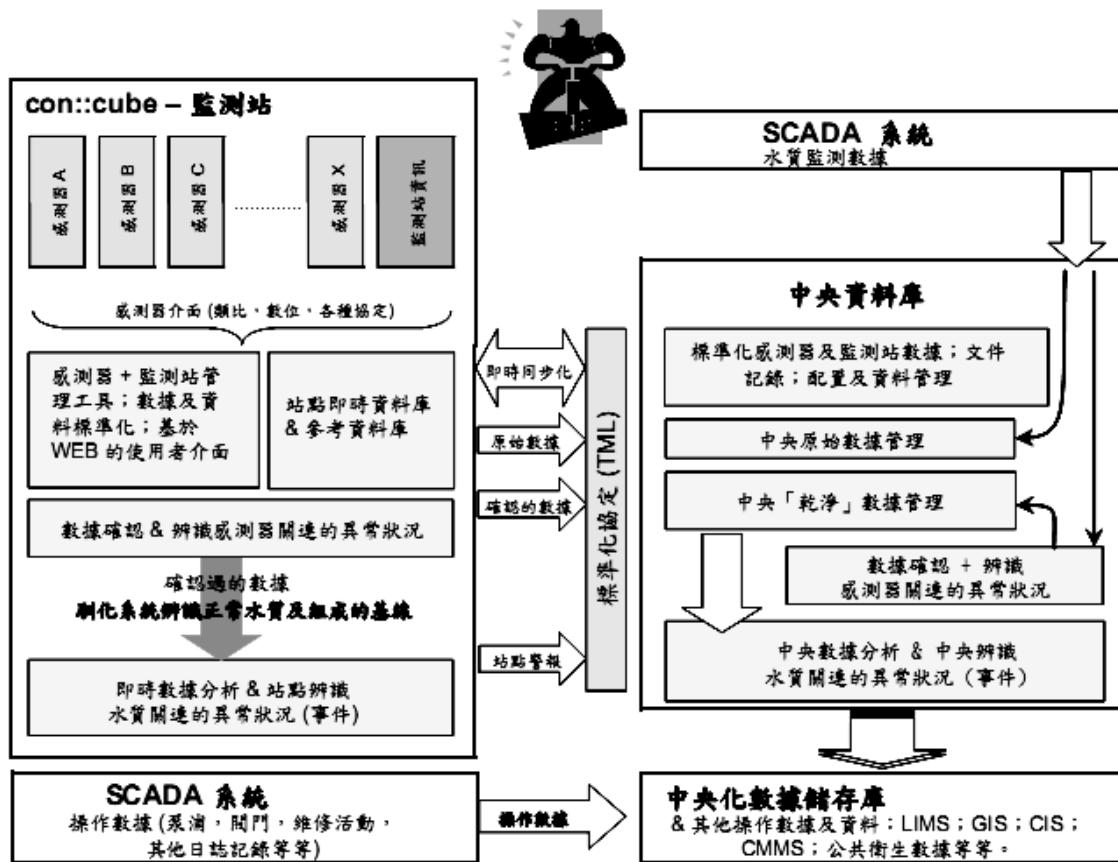


圖 9 多功能微型水質監測儀架構及資訊傳遞圖

台灣自來水水質來源非常多元，常因天候、農作及其他人為活動或意外而造成水源水質安全上的隱憂，為能提升水源水質安全、緊急應變處理時間、水資源的長期紀錄與分析，對於水質資料即時的掌握有其必要性。另在亞洲新加坡、杜拜、馬來西亞甚至是日本也都擁有多功能微型水質監測系統實機裝置，相信這將是自來水供應者一項不可或多的利器。事實上，世界級的大公司，包括 SCAN、GE, Siemens、日本三菱、住友等公司，無一不在近年陸續投入資本併購或開發相關水處理領域的產品及市場，可以預期的對於自來水生產及供應品質的提升將會有新的思維。

### 參考文獻

- 1.G. Langergraber, J. van den Broeke, W. Lettl and A. Weingartner, "Real-time detection of possible harmful events using UV/vis spectrometry" Spectroscopy Europe 18(4), 19 (2006).
- 2.J. van den Broeke, "On-line and In-situ UV/Vis Spectroscopy". AWE International, March, 55(2007).
- 3.M. Libovic, A. Trancikova, G. Langergraber, F. Hofstadter and J. van den Broeke, "Evaluation of online UV/Vis spectrometry based event detection systems at Bratislava waterworks".10th IWA Conference on Instrumentation, Control & Automation 2009, June 14-17, Cairns, Australia.
- 4.s::can Messtechnik GmbH.2008

### 作者簡介

#### 陳文祥先生

現職：台灣自來水股份有限公司 工程師

專長：自來水規劃、效能評估、營運管理及策略管理

#### 王瓊紫小姐

現職：今日儀器股份有限公司 工程師

專長：儀器分析、水質管理

# 東京都漏水防制對策

文/許培中

## 前言

台灣地區雖然年平均降雨量為 2515 公厘，降雨總量約 900 億立方公尺，為世界平均雨量之 2.6 倍，但可利用之水量不足 1/4，因地形、地質、天候等天然因素，全島面積 3/4 以上均屬高山與丘陵，河川短而且坡陡急流，導致 3/4 以上逕流入大海，近年來由於全球暖化加速使得降雨模式劇變，雨量在時間與空間的分布不均以及極端雨量的情形日益惡化。世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 曾於 1996 年指出，預計到 2050 年，全球將會有 46% 的城市人口面臨缺水的危機，因此，如何確保水資源供給無虞，便成了各國刻不容緩的課題。

鑑於全球可利用之淡水資源有限，且水資源開發有其極限，節流遂成為近年來各國從事水資源永續發展之重要工作；其中，又以降低漏水率為各國努力的目標。完善的防治漏水對策，不但可以防止浪費寶貴的水資源並減少經濟損失、防止地層下陷及淹水之二次災害、更可以防止出水不良及逆流所產生之水污染。現將東京水道服務社部長馬場仁利先生於 99 年 8 月應經濟部水利署之邀，來台參與「配水管網管理及維護技術-國際研討會」發表有東京都於 1945 年-2007 年漏水防制對策報告加以整理，希望可以對於改善台灣漏水率及制定漏水防制對策作出一點貢獻。

## 一、東京都水道局之基本概要

東京都水道局創立於 1890 年 7 月 5 日，於 1898 年 12 月 1 日正式開始供水。至 2009 年 3 月統計，其供水區域面積為 1,222.8 平方公里，供水人口約為 12,554,000 人，總年度配水量為 1,581,925,000 立方公尺，每日平均配水量為 4,334,000 立方公尺。

## 二、東京都水道局之防制漏水對策

東京都水道局將漏水防制對策分為三部分，第一部分為立即性對策，又可細分為機動作業及計畫作業兩項：巡迴調查及檢測區作業；第二部分則為預防性對策，汰換老舊配水管、給水管 SUS 化；第三部分為技術開發及研習教育。現將東京都水道局之漏水防制對策依年份演進概要說明如下：

### (一)立即性對策

因二次世界大戰的關係，東京的自來水管線受到嚴重的破壞，為在最短的時間內控制大量漏水，東京都水道局於 1945 年開始積極實行防制漏水之立即性對策。現將東京都水道局有關這方面的實施步驟及成果，依時間先後說明如下：

#### 1.1945 年初 (防制漏水之機動作業)

正值二次世界大戰末期，東京都水道局供水轄區的自來水管因戰爭破壞，漏水率高達 80%，此時漏水最嚴重的是用戶給水管鉛管，立即採取全面動員修復，以達降低自來水不斷流失之情況。

#### 2.1945-1946 (防制漏水之機動作業)

因 1945 年初之漏水防制緊急措施已具階段性效果，所以接著全面清出制水閥關閉被遭毀損區域之全部閥栓。此階段完成作業後，漏水率就降至約 56%。

### 3.1946-1949 (計畫性漏水防制作業)

開始恢復因戰爭而中斷的計畫性漏水防制作業。本階段的計畫是導入巡迴調查作業，並開始投入防制地下漏水，以期達到將漏水率降至 30%之目標。雖因戰後人員不足，且大部分的時間是解決出水不良之地面漏水防制工作，截至 1949 年，漏水率仍達成目標。

### 4.1949-1955 (計畫性漏水防制作業)

採取關閉制水閥、停水或利用消防水帶連結制水閥間之消防栓來分析水錶等直接測定方法，檢測漏水率；與此同時，展開 4 年循環計畫作業、劃定試驗區並檢討漏水防制之作業規模及體制，其中作業要點包括：測試試驗區內的配水量、用水量及漏水量；詳細調查配水設備和給水設備之現況。至 1955 年時，漏水率已接近 20%之目標。

### 5.1956-1962 (計畫性漏水防制作業)

延續上一階段的作法，開始全區域調查，實施以 7 年循環之計畫作業。

### 6.1962-1964 (計畫性漏水防制作業)

為有效實施漏水防制計畫，開始劃分 4 年、5 年、7 年循環作業區域。基本而言，4 年循環計畫的區域為東京都市中心區域；5 年循環計畫的區域則為東京都市中心周圍區域；而 7 年循環計畫的區域則是東京都的外圍區域。

### 7.1964-1975 (計畫性漏水防制作業)

因依靠巡迴調查方式可得的測漏效果趨於極限，所以開始重新檢視量測方法，並

且開發間接測漏方式。終於在 1970 年開發出夜間最小流量測定法，並預計在 10 年間，開始於 3,700 個區內設置小區計量器。

### 8.1978-迄今 (計畫性漏水防制作業)

因導入篩選測量作業法(小區計量表及最小流量測定法)，不僅大幅降低人員作業量(因巡迴調查的測漏方式，需要耗費大量人力)，測漏率也大幅提升；同時，也因配合使用電磁流量計、自動記錄器及高精度漏水偵測器等儀器，提高漏水發現率；此外，在考慮人力、體制及經濟效益下，設定容許漏水量(1978 年為 40 公升/分/Km，漏水率為 16.1%、1988 年為 20 公升/分/Km，漏水率為 12.2%)。此階段採巡迴調查測漏方式與篩選測量作業法雙軌並進之方式，一旦發現漏水超過容許漏水量，便開始漏水調查，確定漏水好發路線並採取預防對策。

## (二)預防性對策

防治漏水之立即性對策，雖然可以有效降低漏水率，但是因管線老舊、車輛長期輾壓、地震或其他工程因素，使得復發漏水機率增加，為此，東京都水道局自 1973 年起，開始落實防治漏水之預防性措施，以期達到預防漏水、消除復發及微量殘存漏水等目標。現將東京都水道局的防治漏水預防性對策，依實施先後說明如下：

### 1.1973 (老舊配水管更新為延性鑄鐵管)

將老舊配水管，如：石棉水泥管、PVC 管，更換為普通鑄鐵管(使用承口接頭、鉛、麻止水)。

### 2.1980 (劣化鉛管更換為不銹鋼給水管)

由漏水件數資料發現漏水案件中給水管佔 96%以上，故開始採用不銹鋼材質之給水管線。配水管與給水管之漏水發生件數比

例如圖 1。

### 3. 1982 (劣化鉛管更換為不銹鋼給水管)

同時於抽換老舊配水管時，一並將用戶鉛管全面更換為不銹鋼給水管。

### 4. 1985 (老舊配水管更新為延性鑄鐵管)

將普通鑄鐵管更換為高級鑄鐵管(使用承口接頭)，並擴大至更換初期延性鑄鐵管。

### 5. 1994 (劣化鉛管更換為不銹鋼給水管)

開始整頓私人巷道內之給水管，並敷設配水管，以改善原本因給水管過於龐雜而導致管理不易之情況。

### 6. 1997 (配水管採用耐震接頭管，給水管採用波狀不銹鋼管)

1995 年阪神大地震時自來水設施災損嚴重，但現場採用 S 型接頭沒有脫落現象，東京都水道局就開始與鑄造商共同研發施工方便而耐震力高之 NS 耐震接頭如圖 2。並在 1997 年全面採用；同時在給水管方面，也開始採用 SUS316 波狀不銹鋼管，同時汰換配水管與給水管如圖 3。該管除了具耐腐蝕之特性，可減緩管線老化外；波狀部可依需求彎曲代替管線接頭，以減少可能發生漏水的接頭部位。因波狀不銹鋼管耐震性佳，在東京已採用十餘年。

## 三、結語

日本東京都水道局自 1945 年以後，便致力於防制漏水對策之研擬與施行，截至 2009 年底止，東京都水道局將轄區的漏水率從二次世界大戰後的 80% 降為 3%。日本水道協會專務理事(前東京都水道局長)御園良彥先生，在九十七年第 41 屆自來水節慶祝大會中致詞時表示，漏水的調查及防止工作並非

一蹴可及，老舊水管抽換為 DIP、給水管改為較佳之不銹鋼波狀管等都是防止漏水對策之一；此外，自 1997 年起全面採用耐震工法，經驗之傳承也是目前重要的工作，希望能與台灣的自來水同業更緊密的合作，提出發展的遠景。漏水率、不銹鋼管及 DIP 管之變化如表 1。

相較同為地狹人稠且處於地震帶的台灣，根據台灣自來水公司及臺北自來水事業處公佈之資料，截至 2009 年 12 月止，台水公司供水轄區之漏水率，約為 21.45%；而北水處供水轄區之漏水率，則約為 22.03%。無論是哪一個事業單位供水轄區的漏水率，都較日本東京都的漏水率高出許多，毫無疑問的，我國在漏水防治工作上，還有非常大的進步空間。所謂：「他山之石，可以攻錯。」，日本東京都水道局累積了五十餘年的漏水防制經驗及求新求變的精神，的確非常值得我國兩大事業單位借鏡。

自 1999 年 921 大震災發生後，開啟了重新研討自來水系統興建傳統構想的契機，應該是台灣自來水系統及其他設施，對耐震設計基準及震災對策更新的轉機，但目前台灣所採用之設施管材還是維持傳統之設計，反觀日本神戶市阪神大震災後，考量從水源到水龍頭間所有設備的耐震性及綜合性平衡，並以合理方法提升整體系統之品質。雖然各國之自來水事業規模、供水系統及營運方式不盡相同，但基本理念皆為供應安全且安定的自來水。我們期盼今後在水界，彼此之間能交換情報、共享經驗及教訓，進而能活用於被人們所信賴的自來水系統中。

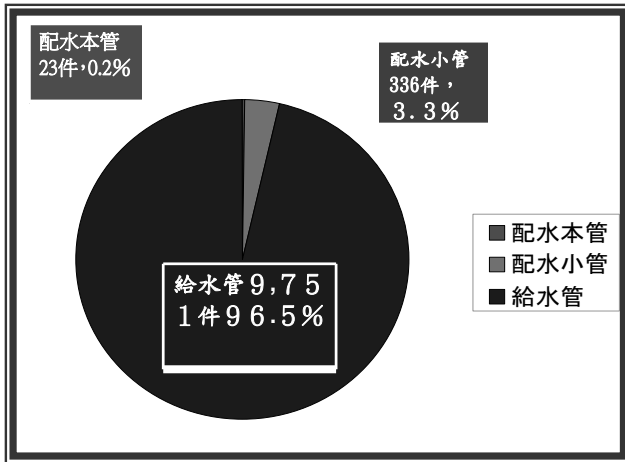
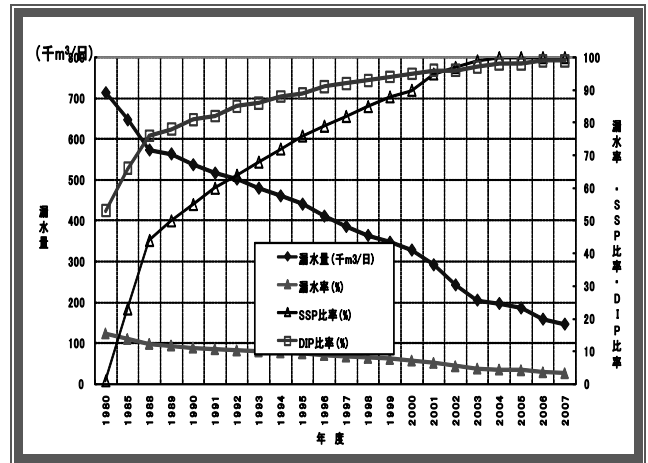


圖 1 配水管與給水管之漏水發生件數比例

表 1 漏水率、不銹鋼管(SSP)比率及球狀石墨鑄鐵管(DIP)之變化



### 作者簡介

許培中先生

現職：中華民國自來水協會 秘書長

專長：自來水事業經營管理、行政管理；土木、衛工工程

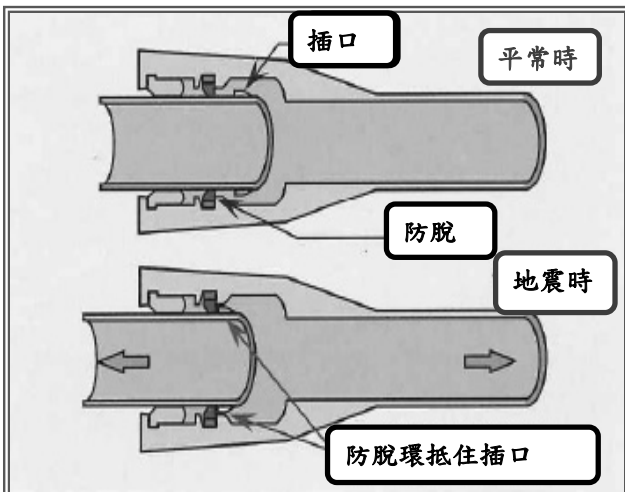


圖 2 NS 接頭-具防脫功能之耐震接頭

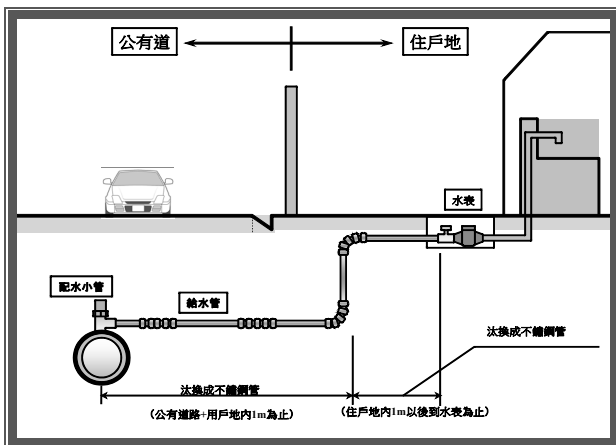


圖 3 同時汰換配水管與給水管

## 國際自來水研討會訊息

編輯小組

日期	會議名稱	地點	主辦單位
	會議相關訊息網址		
21-24 Nov. 2010	3rd IWA Asia Pacific Young Water Professionals Conference “Achieving Sustainable Development in the New Era <a href="http://www.esse.nus.edu.sg/CWR_apywp2010.php">www.esse.nus.edu.sg/CWR_apywp2010.php</a>	Singapore	National University of Singapore (NUS)
5-8 Dec. 2010	4th International Conference on Water Resources and Arid Environments <a href="http://www.icwrae-psipw.org">www.icwrae-psipw.org</a>	Riyadh, Saudi Arabia	King Saud University (KSU)
19-22 Jan. 2011	Sustainable Water Resource Management and Treatment Technologies <a href="http://www.neeri.res.in/water11_neeri/index.html">www.neeri.res.in/water11_neeri/index.html</a>	NEERI, Nagpur, India	National Environmental Engineering Research Institute (NEERI)
20-21 Jan. 2011	6th IWA Workshop in Japan <a href="mailto:jnc@jwwa.or.jp">jnc@jwwa.or.jp</a>	Yokohama, Japan	日本水道協會 (JWWA)
24-26 Jan. 2011	microbes in wastewater and waste treatment, bioremediation and energy production <a href="http://www.bits-goaa.ac.in/mwt2011">www.bits-goaa.ac.in/mwt2011</a>	Goa, India	National de la Recherche Agronomique (INRA)
100年3月 7-8日	2011年第二屆國際管線及安全會議 <a href="http://hkus.org.hk/conference/">hkus.org.hk/conference/</a>	香港	香港管線專業協會
29 Mar. - 2 Apr. 2011	6th IWA Specialist Conference on Efficient Use and Management of Water <a href="http://www.efficient2011.com">www.efficient2011.com</a>	Dead Sea, Jordan	International Water Association (IWA)
100年10月 2-6日	2011年第四屆IWA-ASPIRE研討會暨展覽會 <a href="http://www.aspire2011.org/">www.aspire2011.org/</a>	日本東京	International Water Association(IWA)

## 國際自來水瞭望台

譯/范家瑋

### 佛羅里達州的水源供給新挑戰：投資未來

位於美國佛羅里達州的坦帕灣水務公司 (Tampa Bay Water) 已成功的多方擴展其供水的來源，大幅降低該區對地下水的依賴。然而在該區主要貯水池即將面臨維修關閉的同時，針對這段期間的應變措施及未來的展望 Jim Force 進行了深入的訪查及報導。

一直到 2001 年，由坦帕灣水務公司開鑿的地下水井仍是美國佛州中西部地區居民的主要飲用水來源。

然而時至今日，坦帕灣水務公司已成功開發其他多項供水來源 - 包括地表水及去鹽處理後的海水，來滿足該地居民的用水需求。自 90 年代開始，坦帕灣即升格為都會區，並透過多方面的規畫積極拓展替代的供水來源，以應未來人口成長的需求。執行至今，地下水占所需水量的比例已從先前的近乎百分之百降至約百分之五十。

坦帕灣水務公司為佛州自來水的大盤供應商，服務區域包含總人口量兩百四十萬的六個市政單位 - 坦帕 (Tampa)、聖彼得斯堡 (St. Petersburg)、和新里奇港 (New Port Richey) 三個城市；以及希爾斯伯勒縣 (Hillsborough)、皮內拉斯縣 (Pinellas)、和帕斯科縣 (Pasco) 三個縣。

這項地區性的水源規劃自 90 年代前期開始進行。當時由於乾旱、各項開發建設、及自然排水系統的變更等因素導致地下水耗盡及井田的供水量。當時坦帕灣水務公司的前身「西岸地方水利機構」(West Coast Regional Water Supply Authority) 查覺到降低該區對地下水長期倚賴的必要性，而開發新的供水來源及更積極的保存水源、維護系統正是建立更加可靠、永續的供水系統必備的條件。因此坦帕灣水務公司由此著眼，規劃了一系列

的改革。

### 總體規劃

以降低該區地下水使用為目標的總體規劃於 1998 年開始實施。在限量 (不超過 192MGD (730MLD)) 抽取地下水仍被准許的情形下，相關當局預計將抽取量自 150MGD (570MLD) 降為 90MGD (342MLD)。然而執行之初首先碰到的難題便是「民眾的用水需求遠超過我們供給的能力。」，坦帕灣水務公司的操作及設備執行長 Chuck Carden 說明。

這項計畫的執行共分為數個單位，並認定強化後的地表水系統及去鹽處理過的海水為最可行的地下水替代來源。

為了儲存並供給地表水，坦帕灣水務公司特別於希爾斯伯勒縣的東南方修建了一座容量 155 億加侖 (590 億公升) 的貯水池 (CW Bill Young Reservoir)，並於勃蘭敦 (Brandon) 加建一座 72MGD (274MLD) 的地表水處理廠 (Tampa Bay Regional Surface Water Treatment Plant) 及其他多項相關建設。水自希爾斯伯勒 (Hillsborough) 及阿爾菲爾 (Alafia) 兩條河川抽取後便儲存於貯水池內，之後再依需求送至坦帕灣的地表水處理廠進行一系列的處理。

這座處理廠由威立雅水務公司的北美分部 (Veolia Water North America) 主導，以「公私協力」(public-private partnership) 的方式共同經營管理。除了採用高效能淨化及臭氧處理技術外，並於近期內將處理容量擴增為 120MGD (456MLD)。

由民營的水務公司 American Water-Acciona 操作的去鹽處理設備位於 Big Bend 電力站 (Big Bend Electric Power Station) 附近，可處理水量高達 25MGD (95MLD)，為北美同類型處理廠中最具規模的。而電力站所排放的一部分冷卻水正好可以用作去鹽處

理廠的原水(raw water)。前處理 (pretreatment) 的工作包括沙濾 (sand filtration) 及化學藥品的添加，接下來再注入逆滲透系統中進行更深度的過濾。其中逆滲透系統所使用的滲透膜則是以次氯酸鈉 (Sodium Hypochlorite) 消毒後再進行 pH 值及硬度的調整，完成後才抽至飲用水配送系統。最後，在將廢水排放至墨西哥灣前再另外加以電力站排放的冷卻水淡化濃度。

除了供水外，這項計劃同時包含了整頓以地下水灌溉的井田規劃、水源維護、公眾教育、及節能的推廣。其中一項主要的目的便是將整個區域的人均用水量降至 17MGD (65MLD)。除此之外，全年草坪灌溉用水量的上限也開始實施。Carden 表示，「當時我們所有工作的核心目的就是嘗試各種取代 68MGD (258MLD) 地下水使用的方法。」

### 供給上的改變

即使在種種建設工程開始正式運作後，由於替代的供水系統容易受到佛州當地氣候及降雨量的影響，於至今年七月為止的一個會計年度內，地下水的的使用仍占了總供水量的 68%，遠高於地表水的 23% 及去鹽處理海水的 9%。

根據坦帕灣水務公司官網上公布的數據，估計至 2012 年，地下水及地表水的使用將各占總供水量的 45%，而去鹽處理後的海水則維持 9%。

當然，這些預估的數據可能因為外在因素有所變動，例如在貯水池維修期間 (請見文末說明) 由於必須將水池將於主體卸除約兩年的時間，有關單位在此其間內將無法儲存水源，進而影響上述各項水源的使用比例。

### 經濟衝擊

除了後續的修建計劃外，持續浮動的經濟也是造成預估數據偏離的主要因素之一。事實上，選在此時進行貯水池的維修並非偶

然的決定。由於坦帕灣地區近年間各方面的成長都有明顯的下跌，水的使用量也跟著下降。因此藉機修補貯水池的儲存功能以應未來變化可說是個不錯的時機。

除此之外，近期於當地公布的一則的人口普查中顯示，坦帕灣地區的人口在 2009 年有持續增加的趨勢。雖然幅度甚微，但自 1980 年以來總成長已近三倍。而另一項關鍵的經濟指標 - 失業率，根據當地有關單位的調查，也自四年前的 3.3% 低標漲至去年 11 月的 12.3%。

針對種種變化，Carden 表示，「沒人能預料接下來的兩三年會發生什麼事。目前唯一可以確定的就是我們目前的銷水量比往年低了 10%。」這個現象不僅降低了水的需求量，使增加供水量的迫切性延後幾年，同時也迫使坦帕灣水務公司尋找能夠降低成本的新方案。Carden 指出，「我們有部分無法變動的固定成本，因此尋找降低可變動成本的方法便是我們需要努力的方向。」

即便現階段的用水需求降低，坦帕灣水務公司並未因此暫停根據未來可能的變化規劃近一步的應對方案。坦帕灣水務公司根據市場現況及未來展望於 2003 年及 2008 年各修定了一次其總體規劃。而目前，坦帕灣水務公司則專注於數個可能用於解決未來飲用水需求的潛在方案：

■ 地表水及再生水 (recharge water) - 評估其他地表水的來源及儲存，及利用再生水 (中水, reclaimed water) 補充地下蓄水層含水量或擴張河川下游水源的潛能。

■ 去鹽處理廠的擴建 - 使目前去鹽處理廠的產能增加 10MGD (38MLD)，並調整現有的管線使之符合擴建後的需求。

■ 開增額外地下水井 - 考量於希爾斯伯勒縣東部開發全新地下水源的實行可能。相關環境評估將包含水文模組 (hydrologic modeling) 及各項基礎建設的需求。

■於墨西哥灣沿岸地區 (Gulf Coast，由瀕臨墨西哥灣的五個州 - 德克薩斯州、路易斯安那州、密西西比州、阿拉巴馬州以及佛羅里達州 - 所組成的地區) 興建去鹽處理廠 - 由於位臨發電廠，於此修建第二座去鹽處理廠將可以更高的成本效益 (如同第一座去鹽處理廠) 進行操作，對環境造成的影響也相對較低。

■增加現有地下水井的抽取量 - 由於水源供給選擇上的多元性、區域性供給量的增加、及多項溼地、排水系統、與最新環保數據的支持，可考慮於 2020 年增加現有地下水井每年許可的平均抽取比例。

■小規模的逆滲透專案 - 觀察於佛州各地進行的小型逆滲透過濾含鹽水質的去鹽操作。

坦帕灣水務公司通訊部的 Michelle Biddle Rapp 解釋，「任何潛在可能增近現況的因素都是我們著眼的目標。」

### 為同業樹立典範？

對於坦帕灣水務公司這次區域性實施的成功、全國最大海水去鹽處理廠的興建、及多方開發民眾飲用水來源的成效看來，坦帕灣水務公司的經驗是否能為其他水務公司樹立值得仿效的典範呢？「很難說，」 Carden 坦白表示，「我們的例子是否真的值得仿效取決於該方案預定的實行地點。」

Carden 相信，地區性的水源管理應該被大力推行。「最好各級政府皆可介入配合。」他也補充：「特別是所有甘城 (Gainesville，位於佛州中部) 以南的地區更應該早日修建替代措施，使居民不再倚賴地下水。」

然而各級城市皆有它獨特的環境及結構。例如佛州北部的區域因受上佛羅里達地下蓄水層 (Upper Floridan Aquifer) 的影響地下水源充足；而坦帕灣所在的佛州中部地下水量卻相對沒那麼豐富。因此在是否修建其

他水源替代措施以至於如何修建的決策上考量的因素也各自有異。

佛州南部也面臨同樣的問題。同時身為美國水工協會 (American Water Works Association) 佛州主席的 Carden 說明，「由於政策的改變，排放的廢水已不再允許注入大西洋。因此佛州南部目前正在進行水源再利用的開發。」

為了因應一連串的評估及修建措施，佛州當地的政策制定單位採取了雙管齊下的應對方案 - 一方面批准多項發展計劃，一方面發行地下水抽取許可證。對此 Carden 受到相當大的鼓舞，對於未來的展望也抱持著正面的態度。依照當時的環境及氣候，相關當局可取用不同的水源。「值得注意的是，有成功的例子參考固然好，但現實並不存在著適合套用於所有地區的單一模式。」 Carden 補充道：「佛州本身就是一個獨特的地區，它涵蓋範圍內的每個區塊都有其不同的特性及需求。因此在我四處走訪時便明白，適用於一個特定地區的規劃若不加改變直接移植到其他區域可能導致其無法發揮預期功效的情形。」

但即便如此，Carden 還是樂觀的總結：「無論地點，人們對於淨水的需求都不會改變。只要以此為出發點，相信各個單位都能發展出適合該地實行的方案。」

### 貯水池的重建

坦帕灣水務公司的高層人員目前正公開招標，預計由數個競標的設計建築團隊中甄選最具實力的一組來修復這座容積 155 億加侖 (約 590 億公升) 的地表水貯水池 (CW Bill Young surface water reservoir)。

早至今年八月初，坦帕灣水務公司便接到五位合格包商投標，表明希望承接這項建築案的意願。這座貯水池於 2006 年的一次低水

位期間於內部的混凝土砌襯處被檢測出裂縫，因此需要大規模的整修以回復原先的功能並防止未來更大滲裂的可能。這項工程共分為兩個階段，其中第一步便是於明年上半年間鎖定執行工程的包商。

坦帕灣水務公司的資深專案規劃經理人 Jonathan Kennedy 表示：「本公司對各界對於這項工程的興趣及支持感到相當高興並且感謝。目前我們所進行的各項嚴格篩選主要針對各投標業者之前所執行的建案進行審核，以確保他們具有達到最高公眾效益的能力。」

這個月(10 月)，坦帕灣水務公司將進一步挑選出三至五家建築/設計業者進入下一步的篩選程序並提交正式的工程執行企劃。根據估算，這項工程將於兩年內耗資至少一億美元完工。

為了達成其總體規劃內開發替代供水來源的目標，坦帕灣水務公司於 2005 年於希爾斯伯勒縣 (Hillsborough County, Florida) 東南方興建了這座北美最大的淡水河流貯水池，所儲水源取自希爾斯伯勒 (Hillsborough) 及阿爾菲爾 (Alafia) 兩條河流。

根據當時的需求量，水源就會自貯水池抽至坦帕灣的地表水處理廠進行下一步的處理。為了因應民眾用水需求，這座處理廠近期內才將產能擴增至 120MGD (456MLD)。

坦帕灣水務公司的 Michelle Biddle Rapp 表示，根據初步判斷，這些裂縫是由混凝土砌襯處表面所承受的水壓經年累月擠壓導致。目前水務局已將特製的薄泥漿填塞於滲裂處，讓貯水池在此期間能持續發揮其功能。但 Michelle 也補充，「唯有全面性的整體翻修才能避免滲裂問題持續惡化。」

同時，「整修期間我們將會喪失水質儲存這個環節的功能，屆時我們只能倚賴地表水處理廠來提供暫時性的水源存放。」

(摘譯自 Water21 - Magazine of the International Water Association Oct., 2010, 范家瑋)

## 中華民國自來水協會第 16 屆理、監事會第 16 次聯席會議紀錄

時 間：民國 99 年 9 月 7 日（星期二）下午 4 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 胡南澤 賴文正 孫新惠 楊水源 吳振欽 林 岳  
陳錦祥 葉宣顯 黃進財 高文浩 陳曼莉 王文賢 鄧志清 宋金順 蘇金龍  
吳美惠 陳宏濤 吳陽龍 駱尚廉

出席監事：王炳鑫 齊景新 蔡茂麟 謝堯煌 施澍育 呂鴻光

請假理事：李公哲 陳福田 王桑貴 謝啟男 楊清和 吳美惠 張明欽 黃志彬 王池田

請假監事：李錦地 翁自保

列席人員：許培中 劉家堯 謝張浩 施春生 呂李益 王魯人 蔡麗嫻 李美娥  
管惠嬋 周佑芷 謝雅婷

記 錄：王魯人

### 一、主席致詞：各位理、監事大家好！

今天的議程主要是討論本會第 17 屆理、監事改選相關事宜，本會 26 個選區均已順利選出第 17 屆個人會員代表，將於本(99)年 11 月 17 日大會時投票選舉本會第 17 屆理、監事。為了節省選舉時間，大會籌備會建議改採電腦計票，權宜之計，我們先討論第 7 案，聽取承包商宇筌資訊公司電腦選舉作業簡報後再請祕書長報告。

### 二、報告事項：

(一)秘長書綜合報告：詳如議程書面資料（略）

結論：同意備查

(二)各種委員會報告：

諮議委員會報告：詳如議程書面資料（略）

結論：同意備查

國際事務委員會報告：詳如議程書面資料（略）

結論：1.同意備查

2.配合我國建國 100 周年，請駱理事、葉理事爭取在我國舉辦 Special Conference。

**財務委員會報告：**詳如議程書面資料（略）

結論：同意備查。

**會務委員會報告：**詳如議程書面資料（略）

結論：同意備查。

**編譯出版委員會：**詳如議程書面資料（略）。

結論：於討論提案時決議。

(三)**會務各組工作報告：**詳如議程書面資料（略）

結論：同意備查

### 三、討論事項：

**第 1 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 謝燦煌

案由：審議第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次會員代表大會相關會議活動程序表及大會典禮程序表，請 審查。

決議：通過。

**第 2 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 謝燦煌

案由：第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次會員代表大會暨第 27 屆自來水研究發表會訂於本(99)11 月 17 日(星期三)在國立交通大學舉行，檢附國立交通大學位置圖及中正堂會議廳座位圖提請討論

決議：通過。

**第 3 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 謝燦煌

案由：第 43 屆自來水節慶祝大會- 自來水史簡介(10 分鐘短片)旁白詞內容，提請討論。

決議：(1)自來水史簡介旁白詞內容請先送台水、北水參閱檢核。

(2)於第 16 屆理、監事會第 17 次聯席會議時先行播放。

**第 4 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 謝燦煌

案由：自來水節慶祝大會貴賓邀請，國內部份敬請討論，國外部份擬請理監事會議討論決定。

決議：1.國內邀請貴賓部份修正通過。

2.國外邀請貴賓照案通過。

**第 5 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 燦煌

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，提請討論。

決議：通過。

**第 6 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 謝燦煌

案由：第 43 屆自來水節慶祝大會會員紀念品採購，共 3 樣，請討論定之。

決議：鍋寶廚房器具。

**第 7 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 謝燦煌

案由：中華民國自來水協會理監事選舉，改採電腦投開票方式，請 審議。

決議：通過。

**第 8 案** 類別 會務 提案人 第 43 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 1 次  
會員代表大會籌委會主任委員 謝燦煌

案由：擬請補助第 43 屆自來水慶祝大會及相關會議委辦經費新台幣 30 萬元整，請 審議。

決議：(1)原則照案通過，請按實際消費檢據核銷。

(2)爾後由於屆逢理、監事改選，考慮出席人員較多，本會同意增加補撥

(3)是項經費是否列入協會補助項目，爾後將視本會財務狀況酌情補撥。

**第 9 案** 類別 會務 提案人 諮議委員會 召集人 廖宗盛

案由：本會本(99)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(99)年度自來水節大會典禮中頒獎表揚。

決議：通過。

**第 10 案** 類別 會務 提案人 財務委員會 主任委員 黃慶四

案由：為本會 100 年度事業計劃(工作綱要)草案及本會 100 年度歲入、歲出預算草案各一份，提請審議。

決議：通過。

**第 11 案** 類別 國際事務 提案人 國際事務委員會 主任委員 駱尚廉

案由：本會國際水協會國家代表葉宣顯理事及本人訂於本(99)年 9 月 17 日至 24 日赴加拿大蒙特婁出席「2010 年國際水協會(IWA)國家代表會議及研討會」；本會會員王根樹教授、北水李育輯幫工程司、台大環工所博士候選人陳映竹亦將於本(99)年 9 月 19 日至 24 日出席該會議中發表論文，出國人員經費擬依相關補助辦法辦理，估算約新台幣 720,490 元，該項經費擬於本會「基金-準備基金」項下據實支付，提請討論。

決議：原則通過，依實際支用狀況檢據核銷

**第 12 案** 類別 會務 提案人 會務委員會 主任委員 許培中

案由：本委員會以通訊審查方式通過楊偉甫先生、女士等 9 員申請入會為本會個人會員案，提請追認備查。

決議：同意追認備查。

**第 13 案** 類別 財務 提案人 祕書長 許培中

案由：本會擬翻譯日本水道協會撰著之「自來水閥類管理維護指南」、「自來水設施節能對策」兩書籍，其翻譯費、審查費、印刷及影印費、審查會議出席費、郵資及其他雜支，兩書籍所需經費合計約新台幣 773,000 元，提請討論。

決議：通過。

**第 14 案** 類別 會務 提案人 祕書長 許培中

案由：本會第 17 屆會員代表選舉，業經各分區選舉小組如期全部順利辦理完畢。檢附本會團體、個人會員代表名冊，提請通過，俾陳報主管機關核備。

決議：通過。

**第 15 案** 類別 會務 提案人 理事長 廖宗盛

案由：為辦理本會第 17 屆理、監事選舉，請商定理、監事應選名額候選人參考名單，請討論。

決議：通過，另理事一名俟 11 月 16 日召開理監事會再行討論。

**第 16 案** 類別 會務 提案人 編譯出版委員會 主任委員 黃志彬

案由：本會 99 年度「自來水協會會刊論文獎」之給獎論文，因複評作業尚未完成，擬請授權由編譯出版委員會主任委員於完成評選作業後，簽請理事長核定，再報請理、監事會第 17 次聯席會議核備乙案。

決議：通過。

**五、臨時動議：**無。

**六、散會：**下午 6 時 15 分。