

自來水會刊第 32 卷第 1 期目錄



特 載

品德管理之理念與實踐—台水公司實例……………陳福田…… 1

實務研究

增加高雄地區水源量方案之探討……………曾浩雄、林健裕、杜俊明、莊啟洪…… 13

每期專題

供水損失控制（漏水檢測、免開挖管線更新技術、管線資產維護管理、供水損失管理實務）

自來水管網漏水防治績效指標……………周國鼎…… 26

山坡地社區NRW過高時之標準化改善作業—以新北市潭之鄉社區為例……………

……………李中彥、林永芳、時佳麟…… 37

供水管網水壓精緻操作與管理—以臺北地區為例……………王銘禱、楊境維、黃欽稜…… 43

漏水長期管理的前提—窰井的選用與施工實務探討……………鄭錦澤、周家榮、李垂勳…… 57

一般論述

迴歸分析法評估北水處節約用水政策效果……………林河山、林燕慧…… 64

自來水供水流速流量對微生物在管線形成生物膜潛能之研究……………許國樑…… 69

他山之石

以色列的水資源利用與水科技運用發展—2012年出國考察心得……………吳陽龍、許敏能…… 75

協會與你

中華民國自來水協會第17屆理、監事會第9次聯席會議暨……………

……………第17屆第3次會員代表大會預備會議紀錄 …… 88

中華民國自來水協會第45屆自來水節慶祝大會暨第17屆第3次會員代表大會會議紀錄 …… 92

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 25

歡迎投稿 102年「每期專題」…………… 56

封面照片：永福水管橋夜景（臺北自來水事業處提供）

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，本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明；無法刊出之稿件將儘速通知。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版名：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，並請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 八、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 900 元／千字，「業務報導」為 500 元／千字，其餘為 400 元／千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 400 元／版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 九、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十、本會刊內容已刊載於本協會全球資訊網站（www.ctwwa.org.tw）歡迎各界會員參閱。
- 十一、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會 92 年 3 月 26 日工程企字第 09200118440 號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發 行 單 位：中華民國自來水協會

發 行 人：陳福田

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

吳美惠

委 員

駱尚廉、葉宣顯、陳曼莉、陳錦祥、蘇金龍

張怡怡、林財富、周珊珊、蕭宏民、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、黃建源、陳孝行、陳志銘、簡俊傑

洪世政

執行編輯：林正隆

電 話：(04)22244191 轉 824

行政助理：古藜苓

印 刷：松耀印刷企業有限公司

地 址：台中市北區自強街 50 號

電 話：(04)23607717

品德管理之理念與實踐 — 台水公司實例

文/陳福田

一、前言—植樹培其根

從 1997 年的亞洲金融風暴，到近年來諸多企業破產案件(美國的安隆案，台灣的理律事務所、博達科技事件等)，不僅員工、企業與投資大眾間的信任鏈裂痕斑斑，亦突顯長久以來可能忽視的企業倫理道德。許多企管學者與管理者認為要解決此一問題，首要之務是矯正企業管理鏈多數環節的品德缺失，而「全面品德管理」(Total Ethical Management, TEM)適逢時需，匯為主流共識，強調人品重於人才，並提示昔日專注於「全面品質管理」(Total Quality Management, TQM)，卻常忽略營運的倫理道德層面。

台積電董事長張忠謀說：「下一波的競爭勝負取決於企業品德」。新世紀的產業競爭源自智慧資本及科技，企業的品德管理更形重要；否則，個人的不道德決策可能會使眾人畢生的努力毀於一旦，瞬間即可賠上數十年苦心經營的成果。品德管理這個老問題因此成為新議題。

以往，無論公、私部門大多重視效率(Efficiency)、效能(Effectiveness)、經濟

(Economy)的價值，而鮮少注意到第四個 E—倫理(Ethic)的概念，如同空氣與水一般，重要卻常令人忽視它的存在。邇來，全球經濟不景氣，公民營企業同受衝擊，經營益加艱辛；在國家經濟發展扮演重要角色的國營事業，經營績效迭受社會關切。尤其，隨著社會多元化，公私組織中的倫理道德問題，層出不窮，社會責任、管理道德等傳統價值受到重視，品德管理儼然躍為新世紀的競爭優勢。

本文之作，前以「植樹培其根」啟言，後以「立業育其德」結語，隱寓企業品德有如樹之根，若樹根扎實茁壯，則枝強葉茂、生意盎然；若企業落實品德管理，則可除弊興利、歷久彌堅。內文依循 Why(為何)→What(何為)→How(如何)之論述邏輯，首述「全面品德管理風潮」，藉以闡釋品德管理攸關企業興衰；其次，依序陳述「企業倫理」、「管理道德」，用以鋪陳品德管理之內涵；其末，試提「台水實踐品德管理之韜略」，以就教有方，冀期拋磚引玉。茲勾勒本文觀念架構如圖 1。

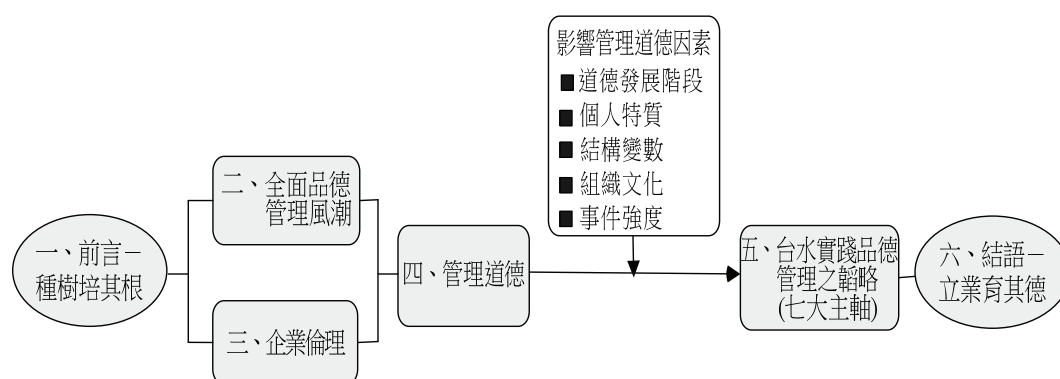


圖 1 本文觀念架構

二、全面品德管理風潮

(一)世界新潮流

昔日普受推崇的全面品質管理(Total Quality Management, TQM)，強調以「品質至上、顧客導向」為依歸，有助於全體員工將焦點放在追求卓越的營運。遺憾的是，有些組織因而走火入魔，過於強調品質的結果，導致目光如豆，整個組織的重心放在最後的產品品質，而忽略了組織整體的營運重心與策略。易言之，企業過於重視品質、忽略倫理；過於強調競爭、忽略品德，致使人際間互動和信任關係逐漸式微。

全面品德管理(Total Ethical Management, TEM)係指企業將傳統的倫理道德融入於組織的經營之中，不僅建立一套透明的道德準則，亦且言行一致、身體力行，以強化社會大眾對企業的信心，冀求企業之永續發展。易言之，企業應對各項相關業務予以通盤考慮後，推出一套前後呼應且目標一致的措施，繼而落實執行。

曾經美國《財星雜誌》評選為五百大企業第七名的安隆(Enron)公司，因為管理階層的不道德行為，以及不注重倫理的組織文化，導致一夕破產，再次突顯倫理道德之重要性。「全面品德管理」(TEM)方興未艾，其可匡正時弊，具有時代意義和價值。

(二)亞洲新利基

邇來，亞洲各國飽嚙品德危機的苦果。從日本 90 年代的經濟泡沫危機，到 1997 年爆發的亞洲金融風暴，再到現今中國大陸日益嚴重的官商勾結及貪污逃稅等問題，企業品德管理已是攸關亞洲經濟成長的關鍵。

2004 年，世界經濟論壇亞洲區的兩位高階經理人李克特、馬家敏(Frank-Jochrgen Richter & Pamela C.M. Mar)發表《企業全面品德管理—看見亞洲新利基》(Asia's New Crisis: Renewal Through Total Ethical Management)乙書認為，欲穩定經濟必先重建品德，企業競爭不再只靠策略技術，品德是決勝負的關鍵；倡導將亞洲各國所具備的品德倫理古老價值，經由「倫理 X 光」、「潛移默化」、「推己及人」等變革行動，內化至企業經營及現代生活。

該書指陳，以往亞洲國家普遍受到儒家以及佛教思想的浸潤，孕育了社會和諧與經濟發展。惟今道德衰微、經濟衰退，想要振興經濟、消弭紛亂，必須恢復其倫理傳統。

「服從權威」、「團結和諧」以及「考慮組織整體利益」的儒家思想，易於形成「依規行事」及「關懷」的組織氣候。佛教「自利利他」與「企業、社會互利」之企業倫理相符；佛教「布施」行為與「回饋社會」之企業倫理雷同；佛教「懺儀」與「內部道德稽核」之企業倫理不謀而合。

企業品德是一種無法量化的競爭力，企業如果不重視誠信，不但影響企業形象，也絕對影響企業的競爭力。企業品德（或稱企業倫理）已成為新世紀企業管理的核心議題，從微觀角度觀察，是促使企業警覺，在競爭漸趨極致的情況下，企業「全面品德管理」可能繼「全面品質管理」之後，成為企業創造競爭優勢的主要來源；從宏觀角度觀察，企業品德管理的良窳更將攸關區域經濟發展成敗，尤其是新興的亞洲區域經濟。身處亞洲地區的台灣，自然也不能置身事外。



三、企業倫理

根據國內管理學者吳成豐教授針對國內卓越中小企業、一般中小企業與大企業的研究中發現，員工個人道德決策、公司企業倫理與組織績效三者之間有顯著相關性，換言之，企業倫理實施程度越高的企業，其組織績效也越高。當今，履行企業倫理的正直形象，已成為企業競爭力的重要一環。本節就企業倫理之「定義」、「類別」予以闡釋，從而詮釋其與「法律」、「道德」之差別如次。

(一)定義

倫理(Ethics)最早源自希臘文 Ethos 一詞，原意為本質、人格，也與風俗、習慣相關連。中國人最講究倫理，倫為類、理為分，亦即傳統所謂的五倫：君臣、父子、夫婦、長幼、朋友。故所謂的倫理，即指人與人間各種正常關係的道德規律，為人類倫常觀念和人倫道理。簡言之，倫理就是人與人相處的道理，亦即做人的道理。

吉爾伯特(Gilbert, 1992)指出，企業倫理是由道德上是與非的行為原則，及其在企業情境上的應用所組合而成；卡洛爾(Carroll,

1989)也認為，企業倫理是企業組織內的工作人員，其行為、決策或行動的正當或錯誤標準；而國內蔡豐隆教授(1995)則將企業倫理定義為「企業與利害關係人之間，行為、決策、行動判斷正當或錯誤的準則，且為雙方所共同認定且相互遵守的一種規範」。

企業倫理是「倫理」的應用領域之一，將倫理擴充應用到企業的情境中。換言之，企業倫理乃是企業應遵守的行為法則和倫理規範。事實上，企業倫理的範圍非常廣泛，包括了生產、分配、交易與消費過程中，所有與企業活動有關的倫理議題。

(二)類別

國內知名管理學者余坤東教授(民國 84 年)將企業倫理分成對內(Inward)及對外(Outward)二類。美國知名管理學者卡洛爾(Archie Carroll, 1989)認為，企業社會責任包含經濟責任、法律責任、道德責任和慈善責任等四層次，係對外的企業倫理；另有對內的企業倫理，包括股東及管理者對員工的態度、管理者對股東的態度、員工個人的工作態度等。茲彙示如表 1。

表 1 企業倫理的分類

學者	類 別		說 明
余坤東 (民84)	外部 倫理	客戶倫理	對客戶的服務與誠信、不圖謀客戶利益。
		社會倫理	不製造公害危害社會大眾權益、不浪費社會資源。
		社會公益	主動參與社會慈善與回饋活動。
	內部 倫理	勞資倫理	指勞資雙方的行為規範，如員工福利與生活照顧、勞資關係
		工作倫理	指勞方的行為規範，例如盡責、忠誠、保密、不公物私用、不圖利自己。
Archie Carroll (1981)	對外的 企業倫理	經營倫理	指經營者從事經營活動時應遵守的行為規範，例如不惡性競爭、不給付回扣、不挖角、不竊取商業機密。
		慈善責任	企業基於大眾利益主動承擔的責任。
		道德責任	企業應社會大眾要求所須承擔的責任。
		法律責任	企業在法律規範的範圍內承擔的責任。
		經濟責任	企業係經濟實體，應追求利潤極大化。
	對內的 企業倫理	股東及管理者對員工的態度	企業聘用員工應以適用和能力為考量，薪資應以員工的貢獻為基準，應提供良好的工作環境，並應尊重員工的人格尊嚴。
		管理者對股東的態度	管理者員工應善盡本分，忠於職守，不應為了個人的利益而損害到企業的利益。
		員工個人的工作態度	

綜上，雖然學者對企業倫理內涵界定不一，惟大抵可概分為「對外的企業倫理」與「對內的企業倫理」。前者係指「社會責任」(Social Responsibility)，其乃企業對相關

利害關係人應承擔的責任；而後者則指「管理道德」(Managerial Morality)，係指組織成員將是非道德觀念帶入工作決策中，茲繪示外部倫理與內部倫理對照如圖 2。

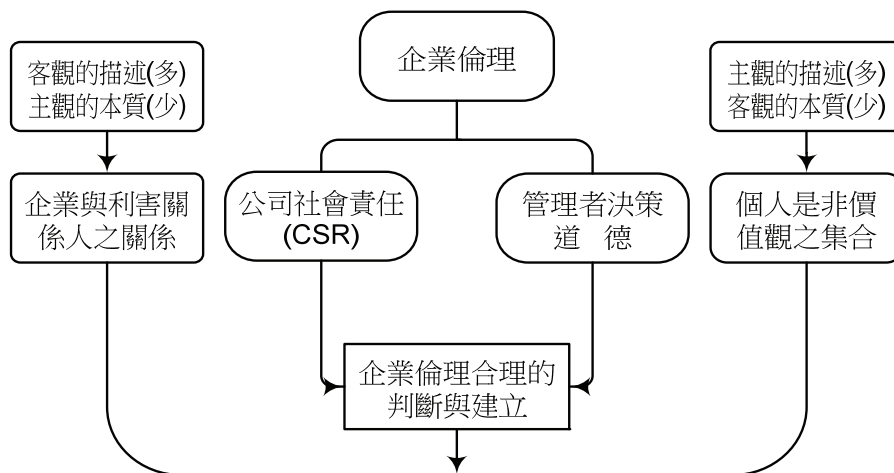


圖 2 外部與內部企業倫理對照圖

(三)法律、道德與倫理之比較

千年以來，「情、理、法」維繫著社會的安定與倫理。其中，「情」與「理」與當前受到關注的企業「倫理」或「道德」格外相關。不論是法律(Law)、道德(Morality)或是倫理(Ethics)，其實都是在討論行為的

規範；都是在討論什麼樣的行為是對的、適當的、可以被接受的。法律強調以法律或公權力來約束個體或群體的行為；道德重視個人價值實現的歷程與成果；倫理則聚焦群體關係的規範。茲將三者區分如表 2。

表 2 法律、道德與倫理之比較

	法 律	道 德	倫 理
他律性	具他律性，以不遵守會被社會公器懲罰的方式，促使大家遵守法律。	具自律性，是基於個人自由意志，覺得該做什麼，不該做什麼。孟子說：「自反而縮，雖千萬人吾往矣」，雖然可能是不合法，不符合社會的共識，但個人認為應該做便執意為之。	具他律性，社會成員因為擔心被多數成員所指責或鄙視，而遵守社會認可的行為規範。
強制性	社會共識高，標準明確，具有高度強制性。	標準可能因人而異，標準最模糊，且不具強制性。	由社會多數認可的方式來規範，具有一定程度的強制性。
執行性	法律的落實是由國家設置特定的機構，並支薪雇用特定的人來負責執法，如警察、法官等。	道德的落實涉及個人意志，有賴個人道德勇氣的展現，好壞出自一念、善惡存乎一心。	倫理的落實要靠社會或企業整體的共識，透過「公論」的力量執行。

雖然以上說明了法律、倫理和道德內涵上的差異，但實際的生活經驗卻顯示，道德與倫理常常不易加以區別。例如老師認真備課教學，如果是因為擔心學生口碑效果，有損名譽而認真教書，那規範的力量是倫理；但如果學生希望輕鬆上課、同儕很混，個人依然覺得應該認真教學，此時規範的力量是道德。此時，倫理與道德的區別是無法從實際行為的觀察上來加以區別。因此，有些學者認為兩者意義是相同的，可以互相為用。

囿於篇幅，本文乃聚焦對內的企業倫理(管理道德)之探微，有關對外的企業倫理(社會責任)相關研究眾多，本文不予贅述。另，品德管理亦稱倫理管理，本文擇以「品德管理」而非「倫理管理」為名，意在聚焦「管理道德」為本文探討範疇，旨在彰顯員工的品德是企業形象的基石，人品重於人才。

四、管理道德

防弊和道德代表一軸線的兩端。人們之需要防弊乃由於道德不彰；反之，如果人們道德高尚，則防弊將成為多餘。本節先就管理道德之「定義」、「觀點」與「影響因素」分述如次；另於下節研析「規避道德風險、提升道德敏感度」之策略作為。

(一)定義

「道德」(Morality)是指一個人依據社會的道德規範和行動規則，在行為時所表現出來的一些經常的、穩固的特質，其乃內在的心理傾向，由內而外支配個人的行為。而「管理道德」(Managerial Morality)即指面對管理決策或管理情境時，管理者將此決定是非對錯的行為準則融入工作決策中。

除高階管理者外，中、基層主管或基層員工也同樣會面臨「道德兩難」(Moral Dilemma)的困境，例如品管人員可否配合生產單位而省略若干品檢步驟？業務人員可否賄賂對方的採購人員以提高績效？然而，面臨道德抉擇時，個人的不道德決策可能會使眾人畢生的努力毀於一旦。

(二)不同途徑的管理道德觀點

管理道德觀點(View of Morality)是用來判斷管理行為是否合乎道德規範，主要有下列三種不同的觀點。

1.功利的道德觀(Utilitarian View of Morality)

認為道德行為應以組織中之最多數人為考量，為謀取這些人之最大福利可以犧牲少數人利益。以聯電對於大陸和艦科技之「投資」案為例，聯電董事長曹興誠登報刊登其決策過程，說明惟恐大陸之「中芯電子」崛起，導致兩岸 IC 業之發展會有大幅變化；因而，迫於法律規定，聯電只能採取如此迂迴做法，為聯電取得先佔優勢地位，此為典型的功利主義導向。

2.權利的道德觀點(Rights View of Morality)

係主張人類有天賦基本權利與自由，不能被他人所剝奪，因此，所謂道德行為係保障個人基本權利(例如生存權、隱私權、言論自由權)之決策行為。以二次世界大戰對日投擲原子彈為例，雖然死傷日本數十萬無辜民眾，但在功利論的標準下，是具有決策正當性的；然而，從權利的觀點，剝奪了少數人的生存權，依然是個該被譴責，不符合道德的行動。

3.正義的道德觀點(Justice View of Morality)

主張人生而平等，不應有任何歧視或差別待遇，道德決策必須植基於公平、正義的標準。例如男性和女性只要從事相同工作，就應給予相同薪資。當然，若是每個人的學歷、經歷、工作技能、熟練度不同時，則可依其對組織貢獻度給予不同待遇。正義導向之精神最後會形諸於明文法令，管理者可公正地依法執行管理行為，例如依勞基法訂定最低工資。

眾所週知，大多數人所持的道德觀是功利論，主要係因其與公司所追求的效率、生產力與利潤等目標相符。然而，在管理者面對環境的變動時，這種觀點需要一些改變。近年來，個人權利、社會正義漸受重視，意味著管理者需要一些以非功利為主的道德觀，然而，以這樣的觀點作決策，將不會

像功利觀所強調的效率及利潤標準那麼明確，而這其中的模糊地帶，很可能會讓組織管理行為陷入道德兩難的困境。另，基於人性貪婪，管理決策者可能會落入利己主義觀點(Individualism View)，決策行為是為了一己之私。

(三)影響管理道德因素

面對道德抉擇時，有許多因素會影響管理者的最後決定，面對不同道德情境時，會因為情境本身道德議題強度的不同，使人們面對不同倫理情境決策將產生不同的反應。

美國知名管理學者斯蒂芬·羅賓斯(Stephen P. Robbins)、瑪麗·庫爾特(Mary Coulter)指稱，這些調適因子包括道德發展階段、個人特質、結構變數、組織文化與事件強度等，茲繪示如圖 3 並說明如次。

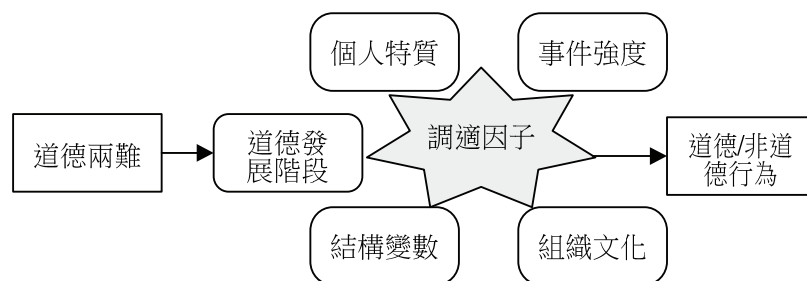


圖 3 影響管理道德的因素

資料來源：林孟彥編譯(Stephen P. Robbins & Mary Coulter 著)，《管理學》(第 7 版)，華泰文化事業公司，民國 92 年。

上揭因素與決策者的個人特質有關，而有些則與決策者所處環境有關。正如諸多企業弊案顯示，如果不是公司控管出了問題，員工也很難有機會犯錯；但縱使是控管不嚴，一個具有強烈道德感的人，也不會為了個人利益而做出危害公司前途的事。

1.道德發展階段(Stage of Moral Development)

經理人甚或一般員工會將其個人特殊性格及行為特質帶入工作當中，道德發展階段是其中一項重要的個人特質。美國現代道德認知發展理論的創見者勞倫斯·柯爾伯格(Lawrence Kohlberg)建立一個道德發展階段的架構(如圖 4)，以描述個人道德發展所歷經的階段。道德發展的原則是由他律而後自律，循序漸進不可逾越的。



層 次	階段的描述
原則的	6.即使是違反法律，仍然遵從自己的道德原則 5.尊重他人的權利，且無論是否與大眾意見相同，都堅守基本的價值與權利
傳統的	4.在信守承諾中維持傳統的秩序 3.不辜負親人、朋友的期望
傳統前	2.在信守承諾中維持傳統的秩序 1.不辜負親人、朋友的期望

圖 4 Lawrence Kohlberg 道德發展階段

資料來源：Lawrence Kohlberg, "Moral Stages and Moralization: The Cognitive- Development Approach", *Moral Development and Behavior: Theory Research and Social Issues*, New York: Holt, Rainhart & Winston, 1976.

上圖第一、二階段稱為「傳統前」(Pre-conventional)，個人的對錯抉擇係基於行為結果是懲罰或獎勵而定，亦即會趨吉而避凶；第三、四階段則為「傳統的」(Conventional) 階層，個人的對錯抉擇視決策是否能與主流價值一致，或符合大眾期望而定；第五、六階段係為「原則的」(Principle) 階層，個人以內心自我價值觀和道德感，做為企業內工作守則，甚至當企業規定與其內心價值道德抵觸時，員工會不惜違反企業規章，而以自己內心之道德判斷為主。

隨著階層的連續而上，個人的道德判斷越來越不受外來因素的影響，例如公司違法排放污水，後慣例階段之員工會以其自我判斷，認為污水會污染環境，因而縱使企業或高層管理者下命令，趁晚上無人注意，要求員工於夜深人靜時排放污水至工廠鄰近河流，員工仍不曾遵照命令行事。

2. 個人特質(Individual Characteristics)

根據個人對是非的基本信念，有兩項人格變數會影響個體的道德行為，其一為「自我意識的強度」(Ego Strength)，乃個人信念的強度。信念強的個人比信念弱的個人較能拒絕衝動並保持信念，亦即自我意識強的管理者會有較一致的道德判斷與道德行

為；另一為內外控(locus of control)，就是一個人對「自己命運自己掌握」的相信程度。從道德觀點而言，外控者(External Locus of Control)認為機會與運氣決定了命運，因此面對道德抉擇時，較易受外力的影響；而內控者(Internal Locus of Control)相信命運掌握在自己手中，因此較堅持自己的主張，使用自己的是非標準來決定個人的行為。

3. 結構變數(Structural Variable)

組織結構設計常導引員工的道德行為。某類結構提供了明確的指引；他類卻只能帶來模糊和不確定性。結構設計之明確性(例如訂定工作說明書、道德規範等正式規章條文來規範工作行為)會鼓舞更多的道德行為。反之，當績效評估與獎懲制度只重結果而不論過程時，組織成員受到壓力可能會採取「不擇手段，只求結果」的行事方式，因而降低其道德標準，產生偏差行為。

研究顯示，於眾多影響道德行為的組織變數中，最重要、最具影響力的仍然是主管的行為，一般員工會仿效主管面對道德抉擇時所採取的處理方式。

4. 組織文化(Organizational Culture)

組織文化內涵與強度也是影響成員道

德行為的重要因素。就文化「內涵」而言，一個具高風險容忍度、高衝突容忍度與高控制程度的組織文化，鼓勵創新、冒險，員工較願意挑戰他們認為不道德的行為(因為組織允許密告)，也會知道違反道德的行為是無法隱瞞的，因而較傾向高道德標準；另就文化「強度」而言，強勢文化(Strong Culture)會比弱勢文化對員工有較大的影響力，若支持高的道德標準的文化是屬於強勢文化，將

對組織成員的道德決策有相當強烈與正面的影響。

5.事件強度(Issue Intensity)

影響「事件強度」之特性(或因素)有六，即錯誤共識性(Consensus)、傷害可能性(Probability)、損害大小性(Greatness)、影響立即性(Immediacy)、受害者接近性(Proximity)，以及受害者集中性(Concentration)等，茲分述其意義與舉例如表 3。

表 3 事件強度與道德判斷

事件特性	意義	釋 例	
		強度較低	強度較高
錯誤共識性	多少人認為此行為是錯的	將辦公文具帶回家用	侵吞 500 萬元公款
傷害可能性	此行為造成傷害的可能性	10 年違法排放污水一次	10 年來每天持續違法排放
損害大小性	對受害者造成的傷害有多大	一次偷竊公司 10 元	一次竊取公司千萬鉅款
影響立即性	是否造成立即的影響	銷售具有慢性副作用的產品	銷售立即危及生命的產品
受害者接近性	可能受害者的親近程度	外銷有毒產品	內銷有毒產品
受害者集中性	受害者的人數規模	裁員 1 人	裁員千人

上揭六項因素決定某一道德事件對個人的重要性，根據這六項指標，在對錯判斷上有愈大的共識、造成傷害的機率愈大、受害的人愈多、傷害的立即性愈大、與受害者的關係愈近，以及此行動對受害者的影響愈大時，則此事件的強度愈大。當某項道德事件是很重要時（亦即其強度很強時），組織成員愈會採取道德的行為。

五、台水實踐品德管理之韜略

本公司為規避道德風險、提升道德敏感度，除持續落實內部控制、政風查核與人員管考等經常性作為，本節擬分就影響管理道德的重要調適因子，策劃台水公司實踐品德管理之韜略，茲彙示其間關聯如表 4 並就分項策略作為說明如次。

表 4 影響管理道德因素與台水品德管理韜略之關聯

項次	影響管理道德因素	台水品德管理韜略
一	道德發展階段	(五)加強道德訓練
二	個人特質	(一)甄選合適的員工
三	結構變數	(二)建立道德規範 (四)管理者誠信領導 (六)強化輪調制度 (七)落實公司治理
四	組織文化	(四)管理者誠信領導
五	事件強度	(三)建置弊端揭發機制



(一)甄選合適的員工

雖說企業最大的資產是人才，但人才缺乏人品，對公司貽害往往勝於庸才。因此，公司選才，人才的品德比專業能力更重要，沒有人品的人才寧可不要。柯林斯在「A 到 A⁺」一書中提到，「優秀到卓越」的企業轉型時，延攬有紀律的員工，培養員工有紀律的思考，引領執行有紀律的行動，是卓越企業之道。企業重視「品德」與「紀律」甚於專業知識、技能或工作經驗，這不表示專業不重要，因為知識經驗或許還可以靠著平日學習、吸收不斷增加；但所謂「江山易改本性難移」，品行在發展成熟後卻往往難以改變。

國內食品業龍頭統一企業在聘用新進員工時，以「品德」、「才能」兩大向度考量，分成四大象限：有德有才、有德無才、無德無才、有才無德，如圖 5。在這四大象限中，統一用人重視品德，主張有德無才、可用其德，而有才無德、其才難用。如果新進員工是用一個有品德的人，而公司內部員工也都十分重視品德觀念，就會形成一種氣氛，由而內化為公司的文化。

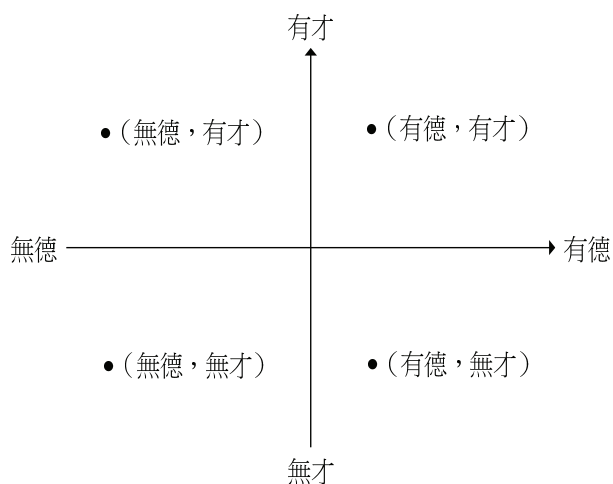


圖 5 「品德」、「才能」組合圖

本公司本諸「人品重於人才」之理念，在人員任用之前，積極落實進用或陞遷候選人之品德查核與考評機制，透過甄選過程（書面審查或口試）排除品德有瑕疵的不適任候選人。尤其，經理人即使很聰明、有創意，又具專業，但如果品德方面有問題，則其不僅一文不值，更像是組織深水炸彈，隨時可能引爆。因此，本公司就一級副主管以上職務之陞遷機制檢討改進，並配合修正「職員辦理陞遷應行注意事項」第 8 點規定，請政風單位辦理品德查核工作，並由副總經理考詳其工作績效。

(二)建立道德規範

道德規範(Codes of Ethics)為一正式的規定和標準，將公司對於員工的期望的行為以明確的條文表達，避免模稜兩可。根據這些規範，決定員工何種行為是可以接受的，何種行為是無法接受的。例如知名的台灣王品集團對於內部員工訂定「龜毛家族」守則 29 條，從上班時間、交際應酬、謠言文化、挖角原則、在職訓練、健身、迷信、對外演講次數和酬勞、收受紀念品、社團服務，以至政黨選舉活動、行事勤儉、推薦人才和廠商等，皆有清楚規定，一則符合「龜毛」命名，二來，用以提升管理道德。

面對快速變遷的環境，企業必須時時檢討其道德規範與準則的合宜性；否則，反而會使員工有綁手綁腳的感覺而喪失原先制訂規範的目的。為導引本公司管理階層及一般員工之行為符合道德規範，並促使公司之利害關係人更瞭解公司道德標準，本公司訂定「台灣自來水股份有限公司道德規範與

行為準則」，於去(101)年底正式函頒施行，將定期檢討、修訂，俾供員工遵循，期求高度的道德意識。

(三)建置弊端揭發機制

企業應設立弊端揭發機制，鼓勵員工揭露不合倫理或不法行為，以便及時採取行動，解決困境。弊端揭發者(Whistle-blower)就其字面意思為「吹口哨的人」，其乃某一組織中的成員，因為身為組織的一員，於目睹或知悉其他成員不法、不道德、不合規定的情事，基於維護公益、伸張正義等動機，將此弊端向有能力處理的人員報告。惟倘若只是將弊端資訊透露給無處理能力的同事、家人或朋友，則不屬於弊端揭發，弊端資訊多半會被視為抱怨或小道傳聞(Gossip)。

弊端揭發人不但須承受被主管或同事報復的風險，亦須在組織忠誠及個人良知間作一選擇，係一種道德困境(Ethical Dilemma)。企業應保護願意祕密提供相關訊息的揭弊者，確保不受其他的同事或主管報復，即使是基於自利動機而揭發弊端，只要組織成員願意出面揭發弊端資訊，該弊端揭發人便應受到應有保護；但此並非表示揭弊動機不重要，因為動機往往是影響弊端揭發人被視為「英雄」或「叛徒」的重要因素。

唯有在事實被印證，和所有可用的管道已用盡，弊端揭發才被視為合適的。本公司將建立相關揭弊機制，對「揭弊者」(Whistle-blower)提供正式保護機制，以保護員工面對道德抉擇時，能勇敢地做對的事，而不在乎受到報復或處罰。然而，也要杜絕「抹

黑滋事」、「惡意攻擊」、「黑函文化」，揭弊應提出具體事證，若有具體證據，絕對查辦到底，以便及時採取行動，降低對組織之傷害。

(四)管理者誠信領導

管理者應本著誠信原則，身教重於言教，在各項決策過程中，時時以企業倫理道德為念，以善盡對公司及股東之信賴責任。尤其，主管的話，員工不一定會聽從；但是主管的行為，往往是員工模仿的對象，其對於建立道德文化亦具有絕對的影響。一個滿口仁義道德，行為卻乖離倫常的主管，只會使員工的道德價值錯亂，遭致「只許州官放火，不許百姓點燈」之譏，很難提升企業的管理道德水準。這種「上行下效」的管理方式，將會使倫理道德滲透到企業的每一個層面，實乃提升員工道德行為之關鍵因素。

公司各級主管除應以身作則、清廉自持外，應對同仁生活、交往、工作確切督導考核，並施予關懷，以發揮防弊機制。尤其，所設定的工作目標與績效評估的「合宜性」，也會影響員工的道德行為，無法達成的工作目標與不合理的績效評估只會對員工的行為產生負面影響。員工為達成不合實際的目標，可能犧牲道德考量，如省略品檢步驟、隱瞞工安事件等。反之，當目標清楚實際時，它會減低員工的模糊感，並帶來激勵效果。

(五)加強道德訓練

正確的倫理道德觀是可以透過後天的教導與學習，因此倫理道德訓練有其必要性。越來越多的組織透過各種內部管道，經常灌輸員工有關企業倫理道德的正確觀念

和做法，例如破除「集體非罪，個人有罪」、「天知、地知、你知、我知」等相沿成習的錯誤認知；例如開授倫理道德培訓課程，內容包括討論公司的道德守則、倫理道德的個案分析，以加強員工對規章和道德規範接受與認知的程度。

本公司本著「植樹培其根，立業育其德」的精神，管理階層在公司內部藉機向員工說明公司的信念和價值，並且提高所有員工與主管的「道德敏感度」，使得在面對倫理抉擇時，可以理性判斷，採取合乎倫理道德標準的行動方案。本公司新進人員的養成訓練分為「基礎訓練」與「實務訓練」，前者重點即為充實初任公務人員應具備之基本觀念、品德操守、服務態度及行政程序與技術；後者也以增進有關工作所需知能及考核品德操守、服務態度為重點。

(六)推動輪調制度

適切的輪調(Job Rotation)制度不僅活化人才運用，激發員工潛能，更創造組織流動性，提高企業競爭優勢。其實，「輪調制度」不僅具有培育人才的功效，亦具備防止弊端之功能，因為久任其職，容易形成業務管理死角，陷入道德風險。尤其，對業務與廠商有接觸或經管財物之職務，如承辦重大工程、採購業務等，更應落實定期輪調，以杜絕弊端發生的可能性。

本公司除依「員工職務遷調實施要點」規定，辦理相關輪調作業，俾充實行政歷練、工作知能外，特別加強員工「平時考核」及「年度考核」，如查覺員工有風紀疑慮或不適任等情事，即依相關規定簽報，並調整其職務，俾防杜弊端發生。

(七)落實公司治理

經營權與所有權分離是許多企業的經營型態，也就是由股東提供資金，讓專業經理人負責公司的營運管理，這原本是相當理想的企業經營模式。但是，由於股東與管理階層存在資訊不對稱，因而產生「代理問題」(Agency Problems)。股東關心管理者是否因自利心而傷害極大化公司價值的目標，因此希望藉由落實「公司治理」(Corporate Governance)機制來保障自身權利。1990 年代末，亞洲金融市場崩潰，進而爆發危機，企業貪瀆腐敗和內舉不避親的歪風盛行、治理不良，都被指為罪魁禍首。

「中華公司治理協會」將「公司治理」定義為「一種指導及管理並落實公司經營者責任的機制與過程，在兼顧其他利害關係人利益下，藉由加強公司績效，以保障股東權益」。Kenneth N. Dayton 於其大作《公司治理：硬幣的另一面》(Corporate Governance: the other side of the coin)中，將「公司治理」(Corporate Governance)和「公司管理」(Corporate Management)的關係比喻為硬幣的兩面，既有聯繫，又有差別。「公司治理」係「單一層級」(所有者)的監督機制；而「公司管理」係「多層級」(管理者)的 PDCA 活動。綜上，公司治理旨在規範董事、高階主管之行為，藉以避免「代理問題」之產生。

本公司自 98 年度起依據「經濟部所屬事業 98 年度工作考成實施要點」之規定，配合經濟部選定外部公正單位所訂之公司治理制度指標及評鑑結果，積極建置相關制度並實施。現階段以(1)保障全體股東權益(2)強化董事會職能(3)發揮監察人功能(4)尊重利害關係人權益(5)提昇資訊透明度為推動

重點，用以規範董事、高階主管之行為，達到興利、防弊之功效。

六、結語—立業育其德

2003 年，理律法律事務所因內部一位資深員工侵盜客戶款項近新台幣 30 億元，遭致嚴重的打擊。這個事件被教育界視為「危機管理」個案教材，但理律事務所創辦人陳長文律師認為，把它當作「品德(倫理)管理」的個案，會更有意義一些。在整個事件中，公司因一位「個人品德」有瑕疵的員工，導致面臨空前危機，但也因公司長期堅持「企業品德(倫理)」，獲得社會各界及受害客戶的信任，終能安渡危機。

經濟學之父亞當·史斯密 (Adam Smith) 說：「資本主義若要運行順暢，必須以道德建基」。然而，兩百多年來，人們一直認為金錢與道德無法協調；經濟學家傅立曼 (Milton Friedman) 有句名言：「企業的社會責任是幫股東賺錢。」惟諸多企業與投資人卻仍沈迷金錢遊戲，甚至不惜犧牲道德，以致自嚐惡果。如今，宜須返璞歸真，落實「品德管理」，將使人們重新回歸資本主義的真諦。

自來水係生命之所需、生活之所依、生存之所靠。本公司深深體認任重道遠，當積極落實品德管理，期勉所有同仁信守清廉的操行與道德勇氣，不為勢劫，不為利誘；秉持不敢貪、不能貪、不願貪、不必貪的理念，以維護個人之榮譽與尊嚴，並塑造公司清明廉潔形象，冀期不負政府之付託、社會之期許及對用戶之承諾。

參考文獻

1. 中山大學企業管理學系 (2005)，《管理學：整合觀點與創新思維》，前程文化事業有限公司，民國94年。
2. 何琦瑜，鄭一青等著，《品格決勝負：未來人才的祕密》，天下雜誌公司，民國93年。
3. 林孟彥編譯 (Stephen P. Robbins & Mary Coulter 著)，《管理學》(第7版)，華泰文化事業公司，民國92年。
4. 龍應台，〈今天這一課：品格〉，《中國時報》，中國時報集團，民國95年。
5. 羅耀宗等譯 (Frank-Jochrgen Richter & Pamela C.M. Mar 著)，《企業全面品德管理—看見亞洲新利基》，天下文化出版公司，民國93年。
6. Carroll, Archie B., *Business and Society : Ethics and Stakeholder Management*, Cincinnati: South Western, 1989.
7. Kohlberg, L., *The Philosophy of Moral Development*, San Francisco: Harper & Row, 1984.
8. Leonard, J. and Brooks, L. T, *Business and Professional Ethics for Directors, Executives, and Accountants*, South-Western College Publishing, 2006.

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

增加高雄地區水源量方案之探討

文/曾浩雄、林健裕、杜俊明、莊啟洪

一、緣起

高雄自來水供水系統除取用少量之地下水外，絕大部分係以高屏溪地面水為主。當枯水期水量不足及豐水期濁度飆高時，則均仰賴南化水庫支援供水。十多年來水利署與台水公司一直努力改善其濁度問題，惟迄今仍無具體成效。

兩年前國內達西顧問公司至中國新疆考察其水資源，事後帶回有關河川彎道排砂取水、排砂漏斗及篩除新工法等資訊。經成大水工所進行水工模型試驗後，咸認若該等新工法能應用在取用高屏溪之地面水，將豐水期因濁度太高而被迫放棄之原水，進行固液分離(排砂)藉以降低其濁度，將原須放棄之水源，經處理後變為可用之水源，則高雄地區便可增加大量之水源可資利用。為使該等新技術真正運用在改善高屏堰原水濁度上，本人(曾)特撰寫此文加以介紹，俾供國內水利及自來水界相關人士，作為開發有效水資源及降低淨水成本之參考。

二、背景說明

高屏堰於民國 88 年 10 月建造完工前，其原水濁度年平均僅在 200 NTU 左右，惟自民國 88 年 921 大地震後，原水年平均濁度上升至 840NTU；民國 98 年莫拉克風災後，更飆升到 1,224 NTU。到了民國 100 年，原水年平均濁度已高達 2,068 NTU。由此可知高屏溪之地面水因濁度逐年升高，已到非設法改善不可，否則；日後可取用之水量將日益減少，對高雄自來水供水之安全性非常不

利，籲請相關單位確勿等閒視之。

台水公司目前每天在高屏堰取用之水量達 100 萬 m^3 ，惟其中 1 至 4 月份之水權量只有 3.856 CMS $\approx$ 333,000CMD，其不足之水量須以 1.0 元/ m^3 (單價不因濁度而改變)，分別向水利署、高雄或屏東農田水利會購買(有水權之部分向水利署；無水權部分向高雄或屏東農田水利會購買其轉移水權量)。而台水公司將購入之水量送至其下游各淨水場時，各場之正常處理能力均定在濁度在 500NTU 以下。但因區內現有水源量並不充裕，故在濁度 500~1,500 NTU 時，淨水場仍須勉予取用，並以增加加藥量之方式儘量出水，但此時之出水量則減為其設計出水能力之 60%~70 %；當濁度在 1,500~3,000 NTU 時，其出水量更降為其設計出水能力之 30%~50%。當原水濁度超過 3,000 NTU，甚至超過 1 萬 NTU 時，仍視情酌量取用或另由南化水庫支援供水；當枯水期濁度低但可取用之溪水不足 100 萬 CMD 時，也須由南化水庫支援供水。

三、高屏堰原水濁度之分析

目前高雄給水廠依規定每天分 12 次(每次間隔 2 小時)，就高屏堰地面水之濁度加以檢測，全年共檢測 4,380 次。依據 100 年全年高屏堰抽水站原水水質記錄表，是年單日濁度以 7 月 24 日之 125,000 NTU 為最高，次高者為 7 月 19 日之 58,000 NTU；而以 2 月 7 日前後之 50 NTU 為最低。全年因台電公司停電無法抽水致未檢測其濁度之次數為 59

次，若將此數及單日最高之一次，共 60 次予以剔除，其所餘之 4,320 次再按月計算其平均濁度，結果以 2 月份之濁度 197.3 NTU 為最低；而以 7 月份之濁度 5,933.3 NTU 為最高(詳如表 1)。

表 1 高屏堰各月份濁度之統計表(NTU)

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
濁度	306.0	197.3	200.1	241.2	2248.1	533.8
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
濁度	5933.3	3987.5	3971	205.2	1949.4	385.9

另就上述台水公司對高屏堰原水濁度之分級分別加以分析，並將其結果詳述如下：

(一)濁度在 500 NTU 以下

全年發生之總天數共計 178.25 天(2,139 次)，年平均濁度為 247.33 NTU(詳如表 2)。

表 2 濁度在 500 NTU 以下之統計表(NTU)

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
濁度	264.9	191.1	231.2	218.1	202.7	352.7
天數	27.33	27.58	29.75	28.42	98.25	10.25
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
濁度	430	457.7	無	420	51.6	328.2
天數	3.42	1.42	無	3.0	7.50	24.67

(二) 濁度在 500 NTU~1500 NTU

全年發生之總天數共計 91.25 天，年平均濁度為 880.74 NTU(詳如表 3)。

表 3 濁度在 500~1,500 NTU 之統計表(NTU)

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
濁度	619.8	606	547.5	626.6	986.5	782.5
天數	43	5	8	19	54	140
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
濁度	979	977.7	1032.8	872.8	850.4	615.8
天數	121	195	152	130	152	76

(三)濁度在 1,500 NTU~3,000 NTU

全年發生之總天數共計 31.33 天，年平均濁度為 2,174.2 NTU(詳如表 4)。

表 4 濁度在 1,500 ~3,000 NTU 之統計表(NTU)

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
濁度	無	無	無	無	3,705	3,542
天數	無	無	無	無	4.25	2.75
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
濁度	4,044	3,669	3,903	3,858	3,893	無
天數	2.83	1.33	3.08	3.00	1.33	無

(四)濁度在 3,000NTU~30,000 NTU

全年發生之總天數共計 58.07 天，年平均濁度為 13,155NTU(詳如表 5)。

表 5 濁度在 3,000~30,000 NTU 之統計表(NTU)

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
濁度	無	無	無	無	10,052	11,012
天數	無	無	無	無	5.57	10.02
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
濁度	12,405	14,474	10,794	13,096	9,816	無
天數	9.33	13.5	11	8.5	5.75	無

(五)濁度在 30,000 NTU 以上，全年發生之總天數只有 1.1 天。

由以上之分析，可見目前高屏堰原水濁度在淨水場可正常處理(500NTU 以下)之天數只有 178.25 天，約為全年之 49.51 % (178.25 天*12 次/天/4,320 次/年*100%)，其平均濁度為 247.33 NTU；500 NTU~1500NTU 有 91.25 天，約為全年之 25.35%，此期間之出水量只為其設計出水能力之 60~70%，其因而少出之水量=1,000,000CMD*[1-(60+70)%/2]*25.35*365 天/年=3,238 萬 m³；而濁度在 1,500 NTU ~3,000 NTU 之天數也有 31.33 天，約為全年

之 8.70%，此期間之出水量為其設計出水能力之 30%~50%，因而減少之出水量=100 萬 CMD*(1-40%)*8.7%*365 天/年=1,905 萬 m^3 ；濁度在 3,000~30,000 NTU 之原水共 58.07 天，約為全年之 16.13%，而 3 萬 NTU 以上之天數約 1.1 天，約為全年之 0.3%，此期間完全無法出水量，其因而減少之出水量=100 萬 CMD*(16.13+0.03)%*365 天/年= 5,898 萬 m^3 。上述不足之水量合計共約 11,041 萬 m^3 ，需賴區內備用水源及遠在台南之南化水庫及支援供應。由南化水庫支援之供應之水量幾達南化水庫全年運蓄水量(2.4 億 m^3)之 1/2，可見高屏堰原水濁度已高到嚴重影響其下游所有淨水場之出水能力及出水量。

高屏溪地面水乃高雄市(該溪以西之地區)居民賴以維生的主要命脈。目前高雄供水系統共有六座淨水處理場，其中五座之原水取自高屏堰所攔截之地面水(另一座大崗山淨水場係取用旗山地區之地下水)。因此其原水之水質與水量攸關高雄地區用水戶(含民生及工業用水)之安危。以取用該水源之坪頂淨水場為例，縱使是枯水期，其原水濁度只約 200 NTU 左右，而且台水公司已耗資數千萬元在該場興建一座 5 萬 m^3 之調節池(沉砂用)，但只要原水進池後不到半個月，池中之積泥就已達半池深，致使其沉砂功能幾乎消失殆盡，嚴重影響其出水能力。故為穩定供應高雄地區供水之安全計，追根究底只有設法降低高屏堰原水之濁度，才是根本解決之道。

四、高屏堰原水濁度偏高之原因

目前高屏堰係採用排砂道及沉砂池以去除堰後之泥砂，但去除效果甚差，其主要

原因是：a.沉砂池容量太小，滯留時間嚴重不足。b.排砂道藉由水力排砂之效果不佳，只好再以大量水流沖洗積淤，由於耗水量大且沖砂效果不佳，每年必須再另以挖土機予以清理。c.沉砂池係藉由泥砂本身重力沉降以去除泥砂，惟當泥砂粒徑 $d < 0.15mm$ (#100 篩)時，其排砂效率便低於 35%。惟根據水利署民國 100 年採樣結果，高屏堰之原水其懸浮載粒徑約介於 0.1mm~0.001mm 之間，其粒徑大部分均小於 #200 篩(0.075mm)，亦即小於 0.15 mm，故很難予以去除。

五、彎道取水工之功能概述

一般彎道表層之水流運動，均流向凹岸；底層之水流則流向凸岸，進而形成橫向環流(lateral circulation current)。橫向環流是一種二次流，水流之橫向分速和縱向速度疊加，就構成彎道中之螺旋流(Spiral flow)，使整個水流呈現螺旋狀前進。當水流進入彎道取水工時，表層清水靠近凹岸；底層含砂水流會靠近凸岸，如在凹岸取水凸岸排砂，可達到正面取水側面排砂功效(詳如圖 1 所示)。

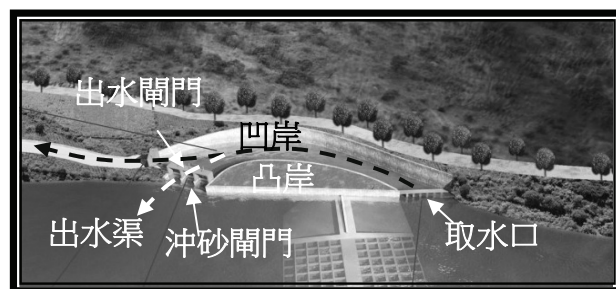


圖 1 河川彎道側向取水工示意圖

中國新疆紅山嘴水電站之水源，採用彎道取水工及排砂漏斗，河水進入上述設施後，先去除大於 #200 篩(75 μm)之泥砂，再利用新開發之固液分離系統等設施(容另文介

紹)，將小於#200 篩之泥質物體予以去除。根據國外之研究，漏斗底部排砂耗水率平均約為入流量之 7.2%，當泥砂粒徑在 0.055 (#270 篩)~0.93 mm (約#20 篩)時，排砂效率可達 90%以上。

達西公司曾為前屏東縣政府設計屏東大潮州人工湖彎道取水工^[1]，其設計取水量為 116CMS，取水工長度 150 m，渠坡 7：1,000，斷面為 RC 三面工，取水工進水口處設置攔污柵，以避免枯木、大石及雜物進入取水工內，取水工末端設置擋砂坎及排砂道，以減少底層泥砂進入輸水管道內，並促使增加表層引水及底層排砂之功效，另設置沖砂閘門及進水閘門以調節水量及排出積砂。

六、排砂漏斗功能之概述

排砂漏斗是當前世界上排砂技術最先進之沉砂池它雖發展較晚，但目前已被世界各地廣泛應用，尤其是在印度幾乎已完全取代了其他形式之沉砂池。它占地面積小，造價低廉而且耗水量低於其他類型之沉砂池，其沉砂效果則優於其他類型沉砂池。首座排砂漏斗在 1998 年 6 月建於新疆瑪納斯河紅山嘴水電站(其構造詳如圖 2 所示)。

該排砂漏斗完工後運行 10 年以來，其沉砂效果超過原定目標。2007 年底新疆喀什 1 級水電站又興建一座排砂漏斗，其直徑達 600 m，自 2008 年初開始運轉後經過一年多的實際操作，其排砂效果確已達到預期目標。另於 2002 年 6 月在蘭州建造的黃河抽水灌溉工程及陝西渭南東雷 2 級排砂漏斗，其運轉效果亦均甚佳。

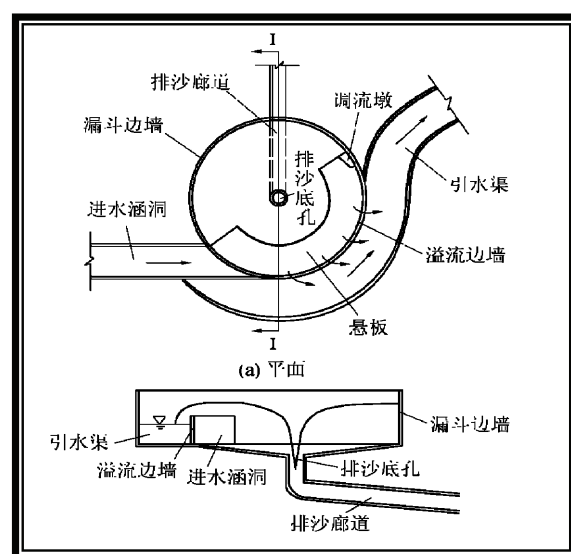


圖 2 新疆紅山嘴排砂漏斗構造圖

一般沉砂池是靜水沉砂，即水平流速小於顆粒沉降速度時，泥砂就可完全沉澱；而排砂漏斗是動水沉砂，即在流速很大之狀況下，泥砂會從水中被分離。其基本原理乃充分利用三向立軸型螺旋流之輸砂特性，進而排除水流中之推移質和部分懸移質泥砂。排砂漏斗可利用水頭差，讓水流自動在漏斗內旋轉，不需要任何動力設備。漏斗進流設施為壓力矩形管道，對其寬度、高度尺寸均有嚴格要求。主要係由入流量及漏斗直徑之大小等綜合因素而定。管道內的一側內壁與漏斗室內的圓周直壁相切，使由管道進入漏斗室的水流首先靠近漏斗室的周壁旋轉進而形成螺旋流。兩個旋渦的強弱及組合方式決定排砂漏斗的排砂效果。通過進水口由切線方向進入漏斗水流之動能，促使漏斗中的水體產生強迫渦，同時在底孔附近存在一個重力引起的勢渦。由於液態水流黏性的影響，在這兩個渦之間存在著一個同時受上述兩渦影響的低速區(兩個渦的強弱及漏斗半徑大小決定其範圍之大小)。三向螺旋流的切向

(漏斗渦流的主流)、徑向及軸向流速會對泥砂之沉降、輸移與排除產生關鍵性作用。方向向下之軸向流速促使泥砂下沉；而指向漏斗中心的徑向流速，將泥砂輸送至排砂底孔予以排除。排砂漏斗與上游引水道的連接段，兩軸線夾角為 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。漏斗室直徑依入室流量及泥砂粒徑大小等因素決定之，它隨流量的增大而增加；隨泥砂粒徑的增大而減小。排砂漏斗之直徑與入池流量之關係為 $Q=a*D^{2.5}$ ，式中之 Q 為流量(CMS)， D 為漏斗直徑(m)， a 為係數 $=0.03\sim 0.09$ 。對一定直徑的漏斗其可適應流量之變幅達 80%。泥砂粒徑較粗且水流含砂量低時，其坡度可較緩和；泥砂粒徑較細且含砂量高時，則坡度應較陡峭。一般而言，坡度為 1：1~1：50。漏斗中心輸砂底孔之孔徑依泥砂量之多寡而定。經由孔徑的調控，可控制排砂之耗水量或改變漏斗室內之渦流強度，俾利於不同濃度泥砂之分離。分離出的高濃度泥砂通過排砂管道予以排出。漏斗室內分離過泥砂後的清水，則通過漏斗溢流側槽進入原水引水渠。水渠之設計與一般明渠相同，但應注意水渠內之水位須低於漏斗懸板頂部。

中國研製排砂漏斗成功後至今僅 10 餘年，但目前已應用於灌溉、引水式水電站、工業與人畜飲水等領域之泥砂處理；也應用於水產養殖、挖泥船與採砂工程船之泥漿、砂料脫水及築堤淤地工程之砂料粗化等領域。

由紅山嘴水電站實測資料加以統計分析結果，排砂漏斗主要技術性功能為：a.大於 0.1mm 的推移質排除率為 88.6%~99.9%，平均為 96.6%。b.懸移質中 0.05mm 為 44.71%

~99.4%，平均為 91.4 %。c.懸移質中 0.025mm 排除率為 42.11%~98.8%，平均為 78.7%。以上三者若各占原水含泥砂量之 1/3，則其平均排砂率 $=(96.6+91.4+78.7)\%/3=88.90\%$ 。d.排砂平均耗水量占管道引水量的 4.1~13.2%，平均為 7.2%。此外，排砂漏斗入口前的水頭大於 0.2 m 即可，處理流量則不限。中國已建造完成之幾座漏斗，其流量分別為 0.02~60CMS，其工程投資只約為多室沖洗式或條渠沉砂池之 1/2~1/5，可見其造價非常低廉。

新疆紅山嘴水電站現有排砂漏斗設施，其直徑達 30m，處理水量為 60CMS(518 萬 CMD)，已為新疆地區帶來相當豐沛的可用水量，也是排砂漏斗成功案例之一(如圖 3)。



圖 3 紅山嘴水電站排砂漏斗圖

七、篩除池

篩除(Strainer)為去除水中藻類或泥砂之方法之一，尤其是處理暴風雨後河川逕流之泥砂，其效果更佳。新疆已設有篩除池(如圖 4)，它可在短時間內將原水濁度大幅降低。國內成功大學地科所曾參照其設置原理，針對高雄縣古亭坑之泥岩，模擬高濁度(10,000NTU)之原水，在濾料之有效粒徑為 0.71~1.0 mm，濾速為 96m/day 之情況下，以 #200 篩網過濾。結果其濁度在 60 分鐘內降為原有之 20 %。



圖 4 中國大陸篩除池正視圖

篩除之去除率一般在 43~85 %之間^[2]，本案暫以 $(43+85)\%/2=64\%$ 計，其耗水量約為 2~5%，以 3.5%計。可見採用篩除池(其平面圖如圖 5 所示)，即能更進一步降低原水濁度。

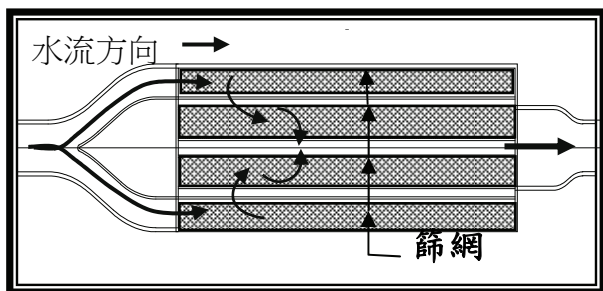


圖 5 篩除池上視圖

篩網池之篩網上或池底裝應設單軌刮泥機以利清泥。其縱向剖面示意圖及詳如圖 6。由於其驅動馬達係設在水面上，故可避免被水淹沒。其刮泥最大寬度為 50m；最大長度為 100m。前進之速率 $V_1=1\sim3\text{m/min}$ ；後退時為 $2\sim4\text{m/min}$ (依污泥量而定)。其馬力數之計算公式 $E_1(\text{KW})=PC*V_1/(6120\times\eta)$ ，式中之 PC 為刮泥機總負荷(含刮泥機自重及運轉摩擦負荷等+污泥負荷)。依據以往之經驗，上述刮泥機自重及運轉摩擦負荷等，一般為 500~1,000 kg， V_1 是以 2m /min 計，刮污泥負荷=泥之污泥重 $\times$ (污泥摩擦係數 $\mu=0.05$)。

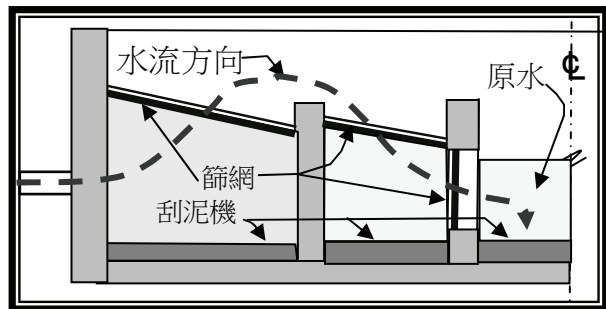


圖 6 篩除池橫斷面圖

八、高屏溪溪水濁度改善方案

為使取用高屏堰地面水之淨水場能全年全量出水，必須將其原水濁度，降低至 500NTU 以下。使取用該水源之所有淨水場在颱風季節中，也均能全量出水，避免因高屏堰原水之濁度突然飆高，致被迫減少或停止供水之窘境。其改善方案如下：

(一)在高屏堰上游設置彎道取水工

最適宜設置該設施之地點，以旗山溪國道 10 號旗山溪上游 3.5 公里，亦即旗山溪斷面編號 9、10 之間最為理想(約位於旗山溪明農橋處，如圖 7 所示)。此處之年平均流量 $Q_{1.11}$ 流量=1,130CMS，HWL=32.63m。

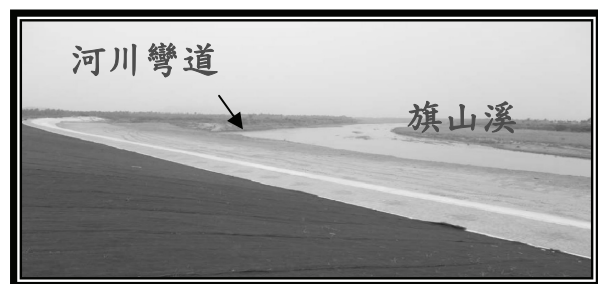


圖 7 設置彎道取水工最佳處眺望圖

彎道取水工以兩道(兩者相距 10m 左右)30cm 厚*10m 長之 RC 版打入溪床，其彎曲道長度約為 100m，RC 版兩旁之溪床上須以 2m (寬)*2m(高)*30m (長)拋卵石固定之，底部則先拋卵石 1m(高)，然後再施打 33cm

厚 141 kgf/m^2 之 PC 於其上部，以防河流冲刷。取水工之前端及末端之標高分別為 EL：32.33 m 及 EL：30.33 m，坡度約為 1：50。取水口須配合設於彎道取水工之前端，其設計取水量為 44 CMS (380 萬 CMD)，溪水經由濁度監控系統測出其濁度在 30,000 NTU 以下時，開啟進水閘門，讓溪水進入彎道取水工，水流藉由彎道離心力將固液分離，底層濁度較高之原水約 30 CMS (258 萬 CMD) 從排砂道排入高屏溪；表層較為清淨之原水約 13.90 CMS (120 萬 CMD) 進入第一抽水井。

(二)第一抽水井

在彎道取水工之旁設置抽水井，藉由站內之抽水機將原水送至排砂漏斗。因該處溪水之年平均最低水位為 EL：32.63 m，若其經歷砂層流入井中之水頭損失為 1.0 m，則井中之最低水位為 EL = 31.63 m，故井底標高不得高低於 EL = 31 m，以利於未來伏流水可藉由其重力流入井中；另枯水期流量驟減時，河水仍能正常進入彎道取水工後流入抽水井。抽水井之直徑為 10 m，底部至頂部之總高度 = 15 m。設排砂漏斗之最高水位約為 EL：39.17 m（經過篩除後其水位降為 38.67 m），而排砂漏斗所需之動水頭以 0.5 m 計，水頭損失約為 0.86 m，則其總揚程為 8.9 m，抽水機所需之馬力數 $= 3.33 \times 13.9 \times 8.9 \text{ m} / 0.85 \times 1.2 \div 2,328 \text{ HP}$ ，採用 800 HP*4 台(其中一台備用)。

(三)排砂漏斗

含砂河水沿漏斗圓周切線方向進入漏斗室，使之進行水力旋流運動，此時濁度較高之河水流會由漏斗底部排出流入高屏溪；較清澈之河水則由頂部溢流出並導入輸

水工。排砂漏斗直徑之計算公式 $Q = aD^{2.5}$ ，而 $a = 0.003 \sim 0.009$ ，取其平均值 $= 0.006$ ，則 $D = (13.9 \text{ CMS} / 0.006)^{0.4} \div 23 \text{ m}$ 計。其排砂平均耗水量 $= 7.2\%$ 。故只剩 $13.9 \text{ CMS} \times (1 - 7.2\%) = 12.9 \text{ CMS}$ (110 萬 CMD) 之水量流入篩除池。

(四)篩除池

篩除池為 15 m(寬)*60 m(長)*4.2 m(深) RC 造水池，其構造詳如圖 5 及 6 所示。網篩之網目大小俟水工模型實驗後再確定之。耗水率以 3.5% 計，約 $12.9 \text{ CMS} \times (1 - 3.5\%) = 12.45 \text{ CMS}$ 之水量流入第二抽水井。篩除池出水口下游須加設流量計，以記錄送至高雄廠之水量。

彎道取水工之污泥去除率為 90%；排砂漏斗則為 88.9%，為安全起見，兩者均取其 90%。若篩除池設 5 刮泥機台，則每次每台刮泥重量 $= 30,000 \text{ NTU} \times 1 \text{ mg/l} \times 1,100,000 \text{ CMD} \times (10\% \times 11.1\%) \times 90\% \times 10^{-3} \text{ kg} / 5 \text{ 台} \times 30 \text{ m} \times (2 + 1/3) \text{ m/min} / 1,440 \text{ min} / 72\% \div 4,9452 \text{ kg} / \text{台}$ 。刮泥機之驅動馬達，以所需驅動馬力 $E1 = (500 + 4,452 \times 5\%) \text{ kg} \times 2 \text{ m/min} / 6120 / 66\% \times 1.25 \text{ (安全係數)} \div 0.45 \text{ kw/台}$ ，採用 1.0 kw/台。

(五)第二抽水井

未來高雄區之水源量仍須依賴高屏堰原水與南化水庫庫水聯合運用，始能勉強滿足其需求，因此兩者之連通管仍須繼續維持其功能。而接入該連通管處之操作水頭為 EL：35 m ~ 55.67 m (依支援水量之多寡而定)，而篩除池之最低出水水位約為 EL：38.67 m，經篩除後之原水 12.45 CMS (1,075,680 CMD)，再藉由抽水機將它加壓送入新埋設

之導水管。其馬力數 = $1,074,680 \text{ CMD} * (55.76-38.67) \text{ m}/6480/0.85 * 1.2 = 3,987 \text{ HP}$ ，採用 $1000 \text{ HP} * 5$ 台(其中一台備用)。

(六)導水管

自篩除池至現有連通管之管線，其管徑依經濟管徑之公式： $D = (43200 * C^{1.85} * Q^{2.85} * S * r^{-1})^{1/6.36} = (43200 * 100^{-1.85} * 12.45^{2.85} \text{ CMS} * 2 \text{ 元/KWH} * 3^{-1})^{1/6.36} = 1194 \text{ mm } \phi$ ，採用 $2400\text{mm } \phi \text{ CIP}$ ，管中流速 $V = 12.45 \text{ CMS}/(1.2\text{m}^2 * 3.14) = 2.75 \text{ m/sec} < 3.0 \text{ m/sec}$ ，OK。長度 250 m ，末端接入南化水庫與高屏堰之連通管。接入聯通管後之上游須加設逆止閥，以防止原水往台南方向逆流。

(七)土地及地上物

本案所需之土地：1.彎道取水工建於高屏溪右岸(須貼近河岸建造)，該取水工係屬河川構造物，施工前經水利署第七河川局核可後即無用地問題。2.第一抽水井：直徑 10m 。3.排沙漏斗：直徑 23m 。4.篩除池： $15\text{m} * 60\text{m}$ 。5.第二抽水井：直徑 10 m 。6.以上合計至少需要土地總面積 = $(10^2 * 2 + 23^2 + 15 * 60) \text{ m}^2 / 60\% = 2,715 \text{ m}^2$ 。採用長方形 $24\text{m} * 118\text{m}$ ，實際需要面積 = $24\text{m} * 118\text{m} = 2,832\text{m}^2$ 。目前設施預定地上並無特殊建築物或高價植物。

(八)工程佈置：

天然彎道地形之位置以及彎道取水工等工程之佈置圖詳如圖 8。

九、工程費概估

(一)工程建造費：約 $638,645,000 \text{ 元}$ 。

1.直接工程費：約 $497,000,000 \text{ 元}$ 。

(1)彎道取水工：其造價約為 $150,000,000 \text{ 元}$ 。



圖 9 彎道取水工等設施位置圖

(2)抽水井：RC 造共兩座，其造價為 $3.14 * 5^2 \text{ m}^2 * 15\text{m} * 2 * 6,000 \text{ 元/m}^3 \div 14,820,000 \text{ 元}$ 。

(3)加壓抽水機： $10,000 \text{ 元/HP} * (800 * 4 + 1,000 * 5) \text{ HP/台} = 82,000,000 \text{ 元}$ 。

(4)排砂漏斗：RC 造，直徑為 23m ，其造價約為 $50,000,000 \text{ 元}$ 。

(5)篩除池：其造價為 $150,000,000 \text{ 元}$ (含網篩及 5 台 1.0KW 之刮泥機 @ 200 萬元/台)。

(6)導水管 $2400\text{mm } \phi \text{ CIIP}$ (接入南化連通管)： $120,000 \text{ 元/m} * 250\text{m} = 30,000,000 \text{ 元}$ (含接管費，電動碟閥及逆止閥等)。

(7)濁度及水量等監控中心： $20,000,000 \text{ 元}$ 。

2.間接工程費：按直接工程費之 15% 計算，即： $497,000,000 \text{ 元} * 15\% \div 74,550,000 \text{ 元}$ 。

3.工程預備費：按直接工程費之 10% 計算，即： $497,000,000 \text{ 元} * 10\% = 49,700,000 \text{ 元}$ 。

4.物價調整費：按直接工程費之 3.5% 計算，即： $497,000,000 \text{ 元} * 3.5\% = 17,395,000 \text{ 元}$ 。

(二)設計階段作業用：按直接工程費之 3.5% 計算 = $497,000,000 * 3.5\% \div 17,395,000 \text{ 元}$



(三)水工模型試驗：彎道取水工、排砂漏斗及篩除池之大小須藉由水工模型實驗才能確定，其所需之供料費約 20,000,000 元。

(四)用地取得及拆遷補償費：購地及拆遷補償費以 6,000 元/m²計，故約需 6,000 元/m²*2,832 m²≐17,000,000 元。

(五)總工程費約為 693,040,000 元。

(六)施工期間利息(3%以 2 年計)：2 年*3%/年 693,040,000≐41,583,000 元。

(七)計畫成本：約為 735,000,000 元。

十、年費概估

1.折舊費及維修費：(1)管線工程=3,000 萬元*4%≐120 萬元。(2)土建工程=(15,000+1,482+5,000+14,000)萬元*4%≐1,434 萬元。(3)機電工程：(8,200+1,000)萬元*9.5%≐874 萬元。(4)合計約 2,226 萬元。

2.利息：73,500 萬元*3%≐2,205 萬元。

3.人事費：以增加 5 名技術士及 1 名員級人員計，其每年之人事費約=(3 萬元/人/月*5 人+5 萬元/人/月*1 人)*16 月/人=320 萬元。

4.業務費：100 萬元。

5.動力費：(1).固定電費：137.5 元/KW/月*12 月/年*((800*3 台+1000*4 台) KW/台+1.0 KW/台*5 台)*70%≐740 萬元。(2).流動電費：2.84 元/KW/hr*[(800*3+1000*4) KW+1.0KW *5 台]*24 hr/day*365 day/年*0.7≐11,154 萬元。(3)合計約 11,894 萬元。

6.以上合計≐16,745 萬元計。

十一、原水成本

由上節之分析，本案付諸實施後(以下均簡稱以後)其年費 16,745 萬元，若供水途中之

漏水率以 22.5%計，則全年實際出水量為 100 萬 CMD*77.5%*365 天=282,875,000 m³。茲依一次償付之原則計算其原水成本，其現值因數(PWF)=1/(1+r)ⁿ，式中之 r 為年利率。依台水公司目前辦理規劃案，其年利率均採 3% 計算，則其現值因數(PWF)=1/(1+0.03)ⁿ，若使用年限 n=20 年，由表 7 算得其現值年成本為 248,318 萬元，20 年總取水量共計為 565,750 萬 m³。因此本案之原水單位成本=248,318 萬元/565,750 萬 m³=0.44/m³，比目前之 1.0 元/m³，低 0.56 元/m³，相當合算。

表 7 全年取水之原水成本計算表

年序	年成本	貼現因子	現值年成本	供水量
單位	萬元	1	萬元	萬 m ³ /年
1	16,745	0.97087	16,257	28,288
2	16,745	0.9426	15,784	28,288
3	16,745	0.91514	15,324	28,288
4	16,745	0.88849	14,878	28,288
5	16,745	0.86261	14,444	28,288
6	16,745	0.83709	13,999	28,288
7	16,745	0.81186	13,574	28,288
8	16,745	0.78691	13,167	28,288
9	16,745	0.76222	12,776	28,288
10	16,745	0.73788	12,400	28,288
11	16,745	0.71387	12,038	28,288
12	16,745	0.69018	11,690	28,288
13	16,745	0.66680	11,355	28,288
14	16,745	0.64372	11,033	28,288
15	16,745	0.62093	10,724	28,288
16	16,745	0.59842	10,428	28,288
17	16,745	0.57618	10,144	28,288
18	16,745	0.55420	9,872	28,288
19	16,745	0.53247	9,612	28,288
20	16,745	0.51099	9,364	28,288
總計			248,318	565,750

十二、效益分析

(一)增加購水費

本計畫所需之經費，若均由水利署全額付擔，且以後之原水費仍以 1.0 元/m³計算(取用高屏堰或南化水庫之原水均須支付購水費 1.0 元/m³)，則全年取用之原水費=1 元/m³*1,075,680CMD *365 天=3.93 億元(含支付給水利署、高雄與屏東兩水利會)，比目前所支付之 1.0 元/m³*100 萬 CMD*365=3.65 億元，多出 0.28 億元。

(二)減少之污泥量

污泥量的計算公式一般均使用台水公司編印之「自來水工程規劃」乙書中，所列之原則，即：濁度 1.0NTU 會形成 1mg/l 之污泥；1 單位之色度會形成 2mg/l 之污泥；添加 1mg/l 之硫酸鋁，會形成 0.234 mg/l 之污泥，添加 1mg/l 之多元氯化鋁(PAC)，會形成 0.153mg/l 之污泥。

依「自來水工程規劃」乙書^[3]依濁度估計之加藥率圖(詳如圖 10)，可查得原水濁度在 523.6NTU 時，若水中之鹼度調至 40mg/l 時，其所需添硫酸鋁之加藥率為 40 mg/l。

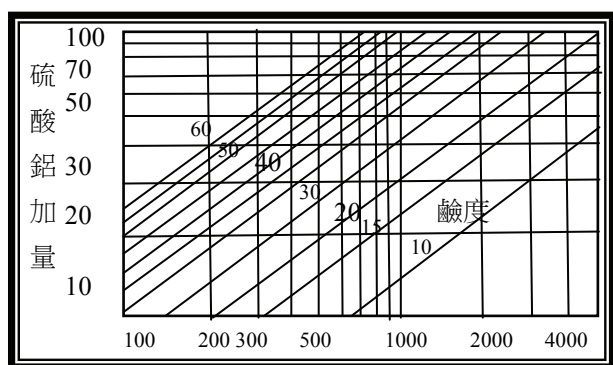


圖 10 依濁度估計之加藥率圖

目前取用高屏堰之原水，其全年濁度之平均值為 (247.33NTU*49.51%+880.74NTU*

25.35%+2,147.2NTU*8.7%)=532.6NTU (超過 3,000 NTU 部分未予計入)；其色度及鹼度分別均在 30 單位及 135 mg/l 左右。其下游之五座淨水場中，僅坪頂場係添加多元氯化鋁；拷潭等其他四場則均添加硫酸鋁。目前高屏堰原水之當原水濁度在 500 NTU 時，拷潭場之加藥率平均為 40 mg/l/天(其原水之鹼度須調理到 35~45 mg/l 之間)；坪頂場添加多元氯化鋁之加藥率亦約為 40 mg/l/天，但與原水中之鹼度關係不大。全年取用高屏堰之原水經高屏堰抽水站送至各場之水量，經扣除漏水量後= 100 萬 CMD * [(49.51* 100% + 25.35 * (60+70)%/2 + 8.7 * (35 + 65)%/2] * 365 天 = 25,673 萬 m³。其中坪頂場之處理水量為 30 萬 CMD，占五座淨水場之 30 萬 CMD /100 萬 CMD = 30 %。若全年各場之加藥率均以 40 mg/l/天計，則全年所產生乾污泥之總重量 = 25,673 萬 m³ * (532.6 * 1+2 * 30+40 * 0.234 * 70% + 0.153 * 40 * 30%)* 10⁶ ton = 154,292 ton。假設目前及以後高屏堰與南化水庫聯合運用所得之水量維持不變，則兩者所產生之污泥在此暫不予計入。一般濕污泥濃度與其原水濁度之高低有關，本文在此對濕污泥之平均濃度暫以 9%計，則以後全年所減少之濕污泥量= 154,292 ton/9 % = 1,714,356 ton。

將來經上述三種設施處理後，為保守起見，其排砂率各取其理論值之 90%計，則其所剩餘之濁度為原有之(1-90%)*(1-88.9%)*(1-64%)/90%^3=0.729%。而其所需之加藥量相對的減為 4.0 mg/l。全年所產生之乾污泥重量將降為 100 萬 CMD * [(247.33 NTU * 49.51% + 880.74 NTU * 25.35% + 2147.2 NTU



* 8.7% + 16% * 13,155 NTU) * 0.729% + 2 * 30+4 * 0.234 * 0.7+4 * 0.153 * 0.3]mg/l*365 天 * 10⁶ton ÷ 29,223ton。其濕污泥之平均濃度暫以 1.8%計，則以後全年所產生之乾污泥重將減為 29,223ton/1.5% ÷ 1,623,500 ton。因此以後之乾污泥重將可減少=(1,714,356-1,623,500)ton ÷ 90,855on。

(三)減少廢水量

若運棄前脫水至 70%，則全年所減少之廢水量=90,855ton*70%*1m³/ton ÷ 63,600 m³。

(四)減少廢水處理費

全年所減少之污泥處理費=1,500 元/ton* 63,600 ton ÷ 0.95 億元。

(五)可增加之水源量

以後每天在取用高屏溪之水量為 12.45 CMS (1,075,680 CMD)，但經扣除送至各場途中之漏水量，每年可在增加 1,000,000 * (100-1.1 * 12/4320)% * 365 天-256,730,000)CMD ÷ 10,825.9 萬 CMD 之取水量(另與南化水庫聯合運用全年所得之水量暫維持不變，日後若因供應台南地區而逐漸少供時，可抽取目前水利署辦理中之伏流水補挹之)。故未來高雄地區之水源量，可增加(10,825.9 萬 CMD+6.36 萬 m³* 30%)/365 天 ÷ 296,600CMD，實際所得之水量以 29 萬 CMD 計。這些水源量可彌補高雄地區不足之缺口。高屏溪每年在枯水期(11~4 月)可取水量可能降至 100 萬 CMD 以下；但豐水期可取用之水量必大於 100 萬 CMD，因此在與南化水庫聯合運用上，仍以平均取用 100 萬 CMD 計，屆時若南化水庫因故無法支援供水時，也可藉由目前水利署規劃辦理中之伏流水工程取足所需之水量。

(六)減少加藥費

原水中之色度及鹼度經上述排砂設施後並不會有所變化，但因處理水量並不相同，故在計算未來污泥重量時，應加計以硫酸溶液調理鹼度之加藥費。但目前添加硫酸溶液之澄清湖、翁公園、拷潭及鳳山場均係委外代操作，各家廠商均將其添加率視為其智慧財產權，故不對外公開開，因此只好依「給水工程學精要」乙書^[4]之所列：添加 1 mg/l 之硫酸鋁可消耗 0.333mg/l 之鹼度(CaCO₃)計算。目前液態硫酸鋁及多元氯化鋁之單價分別為 1.91 元/kg 及 5.2 元/kg，故全年之加藥費= [5.2 元/kg* 40 mg/l * 30% + 1.91 元/kg * (40+135-40) mg/l * 70%] * 256,730,000 m³ * 10⁻³kg = 57,552,448 元；以後全年加藥費= [(5.2 元/kg * 4mg/l * 30%+ 1.91 元/kg * (4+135-40) mg/l * 70%)] * 1,000,000CM D * 365 * 10⁻³ ÷ 49,906,815 元。因此以後全年增加藥劑費 = (57552448 - 49906815)元 ÷ 7,600,000 元，以 0.07 億元計。

(七)增加受水收入及供水之安全性

目前之售水平均單價及售水率分別以 10 元/m³ 及 75 %計算，則全年可增加收入 10 元/m³*29 萬 CMD*0.98*75%*365 天 ÷ 7.78 億元(經淨水場處理後扣除 2%之場內廢水量)，且可提高供水之安全性，避免產生缺水危機。也可減少南化水庫之支援水量；相對的也可增加高雄與台南地區供水之安全性。

(八)實際增加之效益

若以後水利署仍照原單價計收，則全年約增加之原水取水費增加 0.28 億元，但減少污泥處理費 0.95 億元、減少加藥費 0.07 億元，增加售水收入 7.78 億元，每年實際獲益約 8.52 億元>7.35 億元。因此工程完工開始

運轉一年內，其投資金額便可全部回收，非常合算，不但值得投資且越早投資越有利。

(九)水源開發成本

本案之計畫成本為 7.35 億元，其所增加之水源量 $\div 29$ 萬 CMD，其水源開發成本 $=7.35$ 億元/ $290,000$ CMD $\div 2,535$ 元/CMD，頗具經濟效益，建議優先推動本案。

十三、結論與建議

(一)高屏堰必須改善

因其沉砂及排砂效果不盡理想，致其原水濁度一直居高不下，尤其是豐水期甚至有日益升高之趨勢，故已非設法徹底改善不可。

(二)可增加高屏溪之取水量

本案採用彎道取水方式取水，其初步排砂效率可達 90%以上。若再配合使用排砂漏斗(在印度幾乎已完全取代了其他方式之沉砂池)其排除率平均為 88.90%。若再進一步使用篩除池，其排砂平均為 64%。為保守起見，經三者處理後，其水中所剩下之含砂量以原有之 0.729 %計。因此當高屏溪溪水最高濁度為 58,000 NTU 時，經處理後其水中所剩之含砂量將只剩 $58,000 \text{ NTU} \times 0.729\% = 423 \text{ NTU}$ ，已在 500 NTU 以下，可正常出水之範圍內。另可於高屏溪河岸，取用水利署正在規劃辦理中之伏流水取水工程，俾於枯水期取水量不足 100 萬 CMD 時，可抽取伏流水補充之，確保全年均可取足 100 萬 CMD 之水量(甚至可再提高全年取水量)，避免南化水庫因故無法支援供水時，仍可充分供應高雄地區之供水量，免除該地區缺水之虞。

(三)設施工程費相當低廉

排砂漏斗之除砂率可達 88.9%，其平均耗水量占彎道引水量之 7.2 %，非常適合於

河水遇到暴風雨時，排除逕流中之泥砂。而排砂漏斗入口前的水頭只要大於 0.2 m 即可，故耗電非常低。且其工程投資只約為多室沖洗式或條渠沉砂池的 1/2~1/5，相當便宜，而本案整體計畫總成本只有 7.35 億，投資金額不高。

(四)沒有爭議性

本計畫除其用地之取得及地上物補償費須與其所權人協議外，尚無特殊事項會引發當地居民抗爭，若該土地為未登錄地，則更不需再進行協議工作。

(五)以後高屏攔河堰仍可繼續使用

本人(曾)在台水公司服務期間曾請水利署設法改善高屏堰之原水濁度。而水利署十幾年來也一直計劃在高屏堰上游籌建大型沉砂池，惟迄因其用地無法解決，致無法付諸實施。建議水利署參照本文所述，在旗山溪河川彎道處興建彎道取水工、排砂漏斗及篩除池等工程，一舉解決多年來高屏堰原水濁度偏高之困擾。屆時高屏堰仍需留下，俾於枯水期仍舊發揮其擋水壩提高溪水水位之功能，讓彎道取水工可取用足夠之水量，故耗資數億元建造之設施不致被廢棄。

(六)建議推動本案以改善高屏堰原水濁度

本案採用彎道取水、排砂漏斗及篩除等工法，乃目前改善河川溪水濁度之最新方法，中國新疆因亟需開發利用其有限之水資源，以減輕其土地沙漠化問題，多年來一直在其境內興建彎道取水、排砂漏斗及篩除等設施，並已有許多成功之實例。故建議水利署派員至新疆做實地考察，再就文中建議之建址水文等狀況進行水工模型試驗，並研擬詳細之方案實施計劃，全力推動本方案，以改善高屏堰原水濁度日益升高之困境。

謝誌

本文係作者(曾)根據達西公司上述技師及翁宗賢工程師所撰寫之簡報加以整理，並加入自來水相關資訊，另蒙台水公司南區工程處工程師王中德、第七區管理處檢驗室工程師陳金花、物料課課長沈淑貞、操作課課長蔡文魁、畢智明兄、高雄廠廠長王金寶、黃明樟兄、坪頂廠鄭志明廠長、蘇志榮股長、拷潭廠檢驗人員陳文瑾小姐，就淨水處理中所需之加藥量及生成之污泥量，提供寶貴意見及資訊，才得以順利完成，特此致謝。

參考文獻

- 1.屏東縣地層下陷區國土復育計畫-大潮州地下水補注湖第1期工程實施計畫」地方說明會教育宣導檔，屏東縣政府，2012年01月。
- 2.水及廢水處理理論與實務：林正芳譯，(P.274)，六和出版社出版，91年1月。
- 3.自來水工程規劃：蔡桂郎編著，((P.314)，國彰

出版社，74年9月。

- 4.給水工程學精要：黃政賢編著，曉園出版社，(P.178)，1993年3月。

作者簡介

曾浩雄先生

現職：尚潔環境工程公司技師、達西工程顧問公司顧問(自來水)

專長：自來水工程規劃、設計及施工

林健裕先生

現職：達西工程顧問公司技師

專長：水利工程

杜俊明先生

現職：達西工程顧問公司技師

專長：土木、水利工程

莊啟洪先生

現職：達西工程顧問公司負責人

專長：水利工程

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。

自來水管網漏水防治績效指標

文/周國鼎

摘要

社會各界經常詬病我國自來水管網漏水率過高，主管機關也一再以日本東京都（漏水率 3%，2009）為標竿，要求自來水事業單位加速降低漏水率，甚至多年前曾有主管官員希望台灣地區當時超過 20% 的漏水率可以在 4 年的時間內下降至 10%。實際上，資深的自來水從業人員都知道漏水防治不僅所費不貲，且非一蹴可幾，例如日本東京都歷經了 40 多年的時間才將漏水率從 1960 年的 22% 降低至現今個位數的水準。不過，如果要在短時間內快速降低漏水率，下列二種方法可供自來水事業單位考慮：

方法一：引進大用水量的企業設廠生產。為滿足其龐大的用水需求，出水量將大幅增加，在漏水量維持不變的前提下，漏水率可輕易下降。

方法二：將供水壓力減少一半。如此可使自來水管線的漏水量減少，在用水量維持不變的前提下，漏水率亦可輕易下降。

由以上二種方法來看，自來水事業單位並無實施任何漏水防治措施，漏水率竟然自動下降。因此，如果要作為衡量自來水管網漏水防治績效的指標，「漏水率」顯然是不適當的。實際上，「漏水率」嚴重受到「配水量」、「用水人口」、「間歇性供水」、「供水壓力」及「季節性」等因素的干擾，因此根本無法客觀衡量漏水防治的改善績效，當然也就不適合作為漏水防治的績效指標。

本文除將以多個不同類型的案例說明「漏水率」作為漏水防治績效指標之缺陷，

並將介紹國際間常用之績效指標，其中包括國際間公認的最佳漏水防治績效指標－「設施漏水指數」(Infrastructure Leakage Index, ILI)。本文希望藉此讓我國自來水從業人員及相關主管機關了解國際發展趨勢，及早摒棄「漏水率」，而改採「設施漏水指數」作為績效指標。

關鍵字：漏水率、績效指標、設施漏水指數

一、前言

降雨分布往往在時間及空間上不均，久旱不雨時，無水可用；汛期來臨，又因原水水質惡化，影響自來水供水。此種旱澇之苦在全球暖化、氣候異常的環境下愈加顯著，而得來不易的自來水可說是滴滴寶貴，豈可任其流失於無蹤。

居高不下的自來水管網漏水率經常遭到社會各界所詬病，相關主管機關也一再以日本東京都（漏水率 3%，2009）為標竿，要求自來水事業單位加速降低漏水率，甚至多年前曾有主管官員希望台灣地區當時超過 20% 的漏水率可以在 4 年內下降至 10%。實際上，資深的自來水從業人員都知道漏水防治不僅所費不貲，且非一蹴可幾，例如日本東京都歷經了 40 多年的時間才將漏水率從 1960 年的 22% 降低至現今個位數的水準。

為達成加速降低自來水管網漏水率的目標，自來水事業單位每年均投入大量人力及經費，其中我國 2 個主要自來水事業單位之一的台灣自來水股份有限公司（以下簡稱台水公司）計劃自 102 年起的 10 年內投入新

台幣 1,025 億元，汰換 9,700 公里的管線長度，建置 2,000 個分區計量管網(District Metering Areas, DMA)，預計降低 3.9%的漏水率。

如果要評判一個學生讀書的成效，通常會利用考試來驗證，並以考試成績（分數或排名）作為指標，分數較以前多或排名較以前高就會被稱之為進步了。而自來水事業單位在漏水防治方面投入了大筆經費與人力，又應依據何種指標來評判它的績效呢？與前述台水公司的例子相同，「漏水率」是我國最常被用來作為自來水管網供水效能的績效指標。所謂「漏水率」，就是「漏水量」除以「系統進水量」，也就是「漏水量」占「系統進水量」的百分比。漏水率愈高就表示自來水管網效能不佳，如果漏水率較以往為低，就表示漏水防治具有成效。由於「漏水率」的表達方式簡單易懂，其實不僅僅是在我國，世界上許多國家也都喜歡以「漏水率」作為自來水管網漏水防治的績效指標。

不過，實際上自來水事業單位可以在毫無實施任何漏水防治措施的條件下，就讓漏水率自動下降。因此，如果要作為衡量自來水管網漏水防治績效的指標，「漏水率」顯然是不適當的，因為它根本無法客觀衡量漏水防治的改善績效。正當我國傾全力改善自來水管網供水效能之際，主管機關與自來水事業單位均應慎選績效指標，否則，所投入的大筆經費與人力可能因無法確實驗證成效而成為泡影。

二、漏水率

(一)漏水量定義

要知道「漏水率」，必須先了解「漏水

量」的範疇與定義。

我國自來水產銷分析方式及損失水量等相關項目之定義迄今仍無一套共同規範可供各自來水事業單位遵循，在考量能與國際接軌之前提下，國際水協會(International Water Association, IWA)在 2000 年所公布有關損失水量（包括「漏水量」及「帳面損失水量」）之基本標準用語以及定義不啻為我國自來水事業單位的最佳選擇。

對於漏水量而言，也就是國際水協會水平衡表中所稱之「實際損失水量」，國際水協會將其定義為「年度中自送、配水系統至用戶水表間經由幹管、配水池及用戶接管之各類型漏水、爆管及溢流等方式而實際流失之水量」。值得注意的是，一般人總是認為漏水量僅限於自來水管線或管網設施因破損而流失之水量，但是國際水協會將溢流造成之損失水量亦列入實際損失水量之範疇。實際上，根據國際水協會水平衡表，「實際損失水量」總共包括 3 個項目，分別是「送水幹管及（或）配水幹管之漏水量」、「配水池之漏水量及溢流量」以及「接管點至用戶水表間（在我國俗稱用戶外線）之漏水量」。

1.國際水協會水平衡表(Water Balance)

國際水協會損失水量專案小組(Water Losses Task Force, WLTF)收集了包括法國、德國、日本、英國與美國等國家的水平衡國家標準程序及專用術語（各國版本可能不同），再由這些已經使用在大量文獻中之專用術語，彙整挑選其中的最佳者，並在 2000 年 10 月發表了國際水協會水平衡表，且隨即建議各國自來水事業單位採用。

國際水協會之水平衡分析係依據是否有水費收益，將「系統進水量」(System Input)

分成「收益水量」(Revenue Water)與「無收益水量」，此種分類方式是目前大多數國家採用的產銷分析方式，其主要優點是出水量只分成「收益」與「無收益」二大類，相當簡單明瞭，加上使用的國家較多，無須經過其它計算或調整就可直接比較。目前我國主要的 2 個自來水事業單位，台北自來水事業處及台水公司分別採用不同的產銷分析方式，前者所採用者大致與國際水協會水平衡表類似，後者則是與日本自來水事業單位所使用者近似。

2. 國際水協會水平衡表中文標準用語

由於國際水協會水平衡表標準用語係以英文撰寫，目前我國並無標準中文版本，往往同一項目被不同人士或單位轉譯為中

文時可能會產生各種不同的說法。單以「帳面損失水量」(Apparent Losses)一詞為例，其他曾見的不同譯法就包括「表觀損失水量」、「表面損失水量」、「假漏損量」或「帳面漏水量」等 5 種之多。為避免用語混淆不清而徒生困擾，本文中之相關專業用語將採用周國鼎(2012)編譯之國際水協會水平衡表中文標準用語(中英對照版見表 1)。該中文標準用語遵從原文直譯之原則，部分主要用語之中文轉譯如下：

- Authorized：合法；Unauthorized：非法
- Consumption：用水量；Losses：損失水量
- Billed：計費；Unbilled：無計費
- Metered：計量；Unmetered：無計量
- Revenue：收益；Non-Revenue：無收益

表 1 國際水協會水平衡表標準用語中英對照版

System Input Volume 系統進水量	Authorized Consumption 合法用水量	Billed Authorized Consumption 計費合法用水量	Billed Metered Consumption 計費計量用水量	Revenue Water 收益水量
			Billed Unmetered Consumption 計費無計量用水量	
		Unbilled Authorized Consumption 無計費合法用水量	Unbilled Metered Consumption 無計費計量用水量	Non-Revenue Water(NRW) 無收益水量
			Unbilled Unmetered Consumption 無計費無計量用水量	
	Water Losses 損失水量	Apparent Losses 帳面損失水量	Unauthorized Consumption 非法用水量	
			Metering Inaccuracies and Data Handling Errors 水表不準確度與資料處理誤差	
		Real Losses 實際損失水量	Leakage on Transmission and/or Distribution Mains 送(導)水幹管及(或)配水幹管之漏水量	
			Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks 配水池之漏水量及溢流量	
			Leakage on Service Connections up to Point of Customer Metering 接管點至用戶水表間之漏水量	

製表人：周國鼎

3. 「水表不準確度」與「水表不感度」

部份自來水從業人員常將屬於「帳面損失水量」的「水表不準確度」(Metering Inaccuracies, 或簡稱「水表不準度」)誤稱為「水表不感度」。其實「水表不準確度」已包含「水表不感度」,「水表不感度」只是「水表不準確度」之其中一部份。

當流經水表的水量過小時,水表完全無法記錄水的流量或是所記錄的量「遠低」於實際流量,就稱之為「水表不感度」。水表無法感應,以致無法記錄正確流量,將會造成自來水事業單位的收入損失。如果水表所記錄的流量只是「略低」於實際流量,一般將此類的誤差稱之為「水表負偏差」,而「水表負偏差」應歸類於水表準確度的問題,而不是「水表不感度」。

「水表不準確度」是水表整體誤差的展現,不論是「水表不感度」、「水表正偏差」或「水表負偏差」都是屬於「水表不準確度」的範疇。抄表員讀表或抄表錯誤屬於「資料處理誤差」,該類誤差係因人為因素造成,與水表本身之準確度無涉,因此不應歸類於「水表不準確度」的範疇。

(二)漏水量之估算

根據國際水協會水平衡表(見表 1),「無收益水量」(NRW)包括「損失水量」(Water Losses)及「無計費合法用水量」(Unbilled Authorized Consumption),而自來水漏水量(即「實際損失水量」)僅為損失水量之其中一部份。如果完全沒有無計費合法用水量、竊水以及水表不準確度等誤差之存在,「無收益水量」就會等於自來水漏水量,而這種完美無瑕的情形幾乎是不可能達成的;否則,

「無收益水量」就應大於自來水漏水量。

部分自來水事業單位曾將管網系統中之出水量(或配水量、系統進水量)扣除抄見量(或收益水量)者視為漏水量,然而如前所述,該數值應是「無收益水量」(NRW),而不是漏水量。如果使用此種方法估算,漏水量將有高估之虞。

漏水量在實務上無法直接量測,僅能運用不同方法盡量的準確估算之。根據國際水協會損失水量專案小組(WLTF)之建議,估算漏水量的方法有三種(詳周國鼎(2012)「估算自來水漏水量之方法」),包括「由上而下法」(Top-down)、「由下而上法」(Bottom-up)及「成份分析法」(Component Analysis)。這些方法估算漏水量之難易度及準確度不一,自來水事業單位應視其需要選擇適當之方法。

(三)漏水率之定義

「漏水率」就是「漏水量」除以「系統進水量」,也就是「實際損失水量」占「系統進水量」的百分比。「系統進水量」在我國稱之為「出水量」,日本則稱為「配水量」,也就是自淨水場處理完成,從清水池流通設置於配水管起點之流量計所累計記載之水量。

$$\text{漏水率} = \frac{\text{漏水量}}{\text{系統進水量}} \times 100\%$$

由於「漏水率」的表達方式簡單易懂,其實不僅僅是在我國,世界上許多國家也都喜歡以「漏水率」作為自來水管網漏水防治的績效指標。

三、「漏水率」作為漏水防治績效指標之缺陷

要作為一個漏水防治的績效指標，必須能夠客觀衡量漏水防治的改善績效。不過「漏水率」卻嚴重受到「配水量」、「用水人口」、「間歇性供水」、「供水壓力」及「季節性」等因素的干擾，無法準確反映漏水防治的成效。往往，自來水事業單位並無實施任何漏水防治措施，漏水率就會發生自動下降的情形；或者自來水事業單位在投入大量漏水防治的人力物力後，漏水率竟然不降反升。因此，如果要作為衡量自來水管網漏水防治績效的指標，「漏水率」顯然是不適當的。以下分就前述干擾的因素，舉例說明「漏水率」作為漏水防治績效指標之缺陷：

(一)案例說明

1. 「配水量」的變化

某鄉鎮人口數為 1,000 人，整個鄉鎮之平均配水量為每日 300 立方公尺，藉由夜間流量測量方法估計平均漏水量為每日 90 立方公尺，換言之，此時之漏水率為 30%。當某知名企業之飲料工廠於該鄉鎮設廠生產後，因用水量大增，整個鄉鎮之平均配水量上升為每日 2,400 立方公尺，假設該鄉鎮自來水管網之漏水點並無增減的情況下，平均漏水量維持在每日 90 立方公尺，其漏水率則變成為 3.75%。

在這個案例中，自來水事業單位並無實施任何漏水防治措施，漏水率卻自動從 30% 大幅下降為 3.75%，二者相差高達 8 倍。

2. 「用水人口」的變化

某鄉鎮人口數為 1,000 人，鄉鎮內有一個可容納 1 萬人的新兵訓練中心。沒有辦理新兵訓練時，整個鄉鎮之平均配水量為每日 300 立方公尺，藉由夜間流量測量方法估計

平均漏水量為每日 90 立方公尺，換言之，此時之漏水率為 30%。當該中心進駐 1 萬名新兵時，因用水量大增，整個鄉鎮之平均配水量上升為每日 2,400 立方公尺，假設該鄉鎮自來水管網之漏水點並無增減的情況下，平均漏水量維持在每日 90 立方公尺，其漏水率則變成為 3.75%。

在這個案例中，自來水事業單位並無實施任何漏水防治措施，漏水率卻自動從 30% 大幅下降為 3.75%，二者相差高達 8 倍。

3. 「間歇性供水」的變化

某鄉鎮人口數為 1,000 人，屬於全日供水的型態，整個鄉鎮之平均配水量為每日 300 立方公尺，藉由夜間流量測量方法估計平均漏水量為每日 90 立方公尺，換言之，此時之漏水率為 30%。因特殊原因，供水型態更改為「間歇性供水」，供水時間由全日 24 小時減少為每日 12 小時。如此可使自來水管線漏水的時間縮短一半，漏水量自然減少一半，平均漏水量由每日 90 立方公尺下降為 45 立方公尺，在用水量維持不變的前提下，漏水率亦可輕易下降至 15%。

在這個案例中，自來水事業單位並無實施任何漏水防治措施，漏水率卻自動從 30% 大幅下降為 15%，二者相差 1 倍。

不過「間歇性供水」的作法需要付出極高代價，例如當水管中沒有水壓時，地下水及下水道之汙水將因壓力差滲入自來水管線而汙染水質；此外，每日供水時間之縮短將使得用戶服務程度下降，甚至可能產生用戶拒繳水費的情事。

4. 「供水壓力」的變化

某鄉鎮人口數為 1,000 人，在供水壓力

控制在 2 kg/cm^2 之條件下，該鄉鎮之平均配水量為每日 300 立方公尺，藉由夜間流量測量方法估計平均漏水量為每日 90 立方公尺，換言之，此時之漏水率為 30%。如將供水壓力降低為 1 kg/cm^2 ，該鄉鎮之平均配水量下降為每日 200 立方公尺，假設漏水點並無增減的情況下，平均漏水量亦下降為每日 45 立方公尺，其漏水率則變為 22.5%。

在這個案例中，自來水事業單位並無實施任何漏水防治措施，漏水率竟然自動從 30% 下降為 22.5%。

5. 「季節性」的變化

某鄉鎮人口數為 1,000 人，夏季平均配水量為每日 300 立方公尺，藉由夜間流量測量方法估計平均漏水量為每日 90 立方公尺，換言之，此時之漏水率為 30%。冬季時，用水量減少，整個鄉鎮之平均配水量下降為每日 200 立方公尺，假設漏水點並無增減的情況下，平均漏水量仍然維持為每日 90 立方公尺，其漏水率則變為 45%。

在這個案例中，漏水點並無增加，漏水情況並沒有惡化的條件下，漏水率竟然自動從 30% 大幅上升為 45%，二者相差 1.5 倍。

(二) 避免使用「漏水率」作為漏水防治績效指標

「漏水率」就是「漏水量」除以「系統進水量」，分子是「漏水量」，分母是「系統進水量」。學過數學的人都知道，要將一個分數的數值變小，只要將分母增加、分子不變大，或是將分子減少、分母不變大，都可以將原數值變小。

由以上的 5 個案例來看，自來水事業單位並無實施任何漏水防治措施，只是遵循前述的數學原理將分子或分母增加或減少，漏

水率竟然就自動上上下下的變化了。因此，如果要作為衡量自來水管網漏水防治績效的指標，以「百分比」型式表示的「漏水率」顯然是不適當的，因為它根本無法客觀衡量漏水防治的改善績效。

早在 1980 年，英國國家水務委員會(UK National Water Council)就已經開始警告使用「百分比」的型式作為漏水防治績效指標是錯誤及有誤導性的，德國瓦斯及水協會(German DVGW)接著在 1986 年也表達相同的看法，而此議題在英國漏水管理手冊(UK Managing Leakage Manuals)中也有詳盡的討論。同時，包括國際水協會、美國水務協會(American Water Works Association, AWWA)及許多國家的國家機構也都呼籲避免使用「百分比」型式的漏水防治績效指標。

四、傳統漏水防治績效指標

國際間常用之傳統漏水防治績效指標包括以下 4 種，其中我國自來水事業單位或相關主管機關所慣用者為第一種，也就是「漏水率」：

- 漏水量占系統進水量的百分比（即「漏水率」）
- 漏水量／戶／單位時間
- 漏水量／幹管長度／單位時間
- 漏水量／接管數／單位時間

(一) 漏水量占系統進水量的百分比

【漏水量占系統進水量的百分比】由於計算容易且簡單易懂，經常被各界引用，無庸置疑的它也是最常見的指標。然而此種型式的指標將會隨著用水量之多寡（例如因季節不同）與變化（例如因水價調整所導致），以及供水時間（全日供水或間歇性供水）之

不同而改變，而非僅限於因漏水防治上的努力或不作為而改變。例如有一個每天供水時間只有 12 小時的供水系統具有 20% 之漏水率，如果將供水時間延長為全日，其漏水率將不會還是 20%，而是會大於 20%，因為管線漏水的時間也從原來的 12 小時延長為 24 小時，流失的水量可能是原來的 2 倍。

雖然【漏水量占系統進水量的百分比】絕對不可以用來評估損失水量之管理績效，不過此種型式仍然可以應用於其他方面，例如國際水協會(IWA)就推薦其為漏水量的財務類指標以及水資源類指標。

(二)漏水量／戶／單位時間

【漏水量／戶／單位時間】型式的績效指標絕對不可使用，因為漏水量與「戶」的相關性極低。此種表示方式會將一棟具有 50 間公寓的大樓看成是 50 戶，而實際上會發生漏水可能的地方只有接管點 1 處。如果使用該種績效指標，漏水情勢將有低估之虞，尤其對於都會型態的地區而言，低估的情形將更形嚴重。

(三)漏水量／幹管長度／單位時間

如果使用成分分析法來分析世界上許多配水系統的漏水原因，通常可以發現大部分的漏水量是發生在用戶接管之處，包括接管點至幹管間之管段，而此一結論適用於「每公里幹管之接管數大於 20」者，通常只有在非常偏遠的郊區才會發生「每公里幹管之接管數小於 20」的情形。

(四)漏水量／接管數／單位時間

供水系統的規模通常不會有「每公里幹管之接管數少於 20」的情況發生，因此對於大多數配水管網而言，【漏水量／接管數／

單位時間】應該是傳統上操作類績效指標之最佳者，不過因為它沒有將接管密度（每公里幹管之接管數）、用戶外線之長度、平均水壓等因素列入考量，在使用上仍有部分之限制。

為彌補以上所述之不足，稱之為「設施漏水指數」(Infrastructure Leakage Index, ILI)的漏水防治操作類績效指標在 1999 年應運而生。

五、設施漏水指數(ILI)

供水系統通常具有不同特性，例如間歇性供水、水壓高低、用水量多寡等等，國際水協會損失水量專案小組(WLTF)認為有必要發展出一個可供國際間供水系統比較的漏水防治績效指標，而該指標就是「設施漏水指數」(ILI)。由於「設施漏水指數」(ILI)可供國際間比較之用，在推出之初，ILI 往往被另稱為「國際漏水指數」(International Leakage Index)。

「設施漏水指數」(ILI)可有效表達出配水管網在現有水壓下之管理維護績效，因此該指數已被國際水協會(IWA)及美國自來水協會(AWWA)等單位認定為最佳的漏水防治績效指標。

(一)設施漏水指數(ILI)概念

「設施漏水指數」(ILI)的概念應該可以利用圖 1 予以清楚說明，該圖顯示出漏水防治的 4 項主要措施，包括水壓管理、主動漏水控制(Active Leakage Control, ALC)、修漏品質與速度以及基礎建設之改善。

圖 1 中之大方格代表「目前漏水量」(Current Annual Real Losses, CARL)，該損失水量通常會有隨著配水管網之年齡而上升的

趨勢，而這個上升的趨勢可藉由前述漏水防治的 4 項主要措施適當的組合運用而加以抑制。有關「目前漏水量」(CARL)的估算方法，可參見周國鼎(2012)撰寫之「估算自來水漏水量之方法」。

圖 1 中之黑格子代表「不可避免之漏水量」(Unavoidable Annual Real Losses, UARL)，也就是所謂「在現行水壓下技術可達成之最小漏水量」。一般在繪製漏水防治之 4 項主要措施圖時，黑格子不是位於大方格的中間，而是上緣處，此舉就是為了指出「降低水壓是降低『不可避免之漏水量』(UARL)之唯一可能」，其他如主動漏水控制、修漏品質與速度以及基礎建設之改善等措施，都是無法降低「不可避免之漏水量」(UARL)的。由此可知，理論上大方格內扣除黑格子的漏水量，才是自來水事業機構在技術可行的前提下要找回的目標水量。

(二)設施漏水指數(ILI)定義

「設施漏水指數」(ILI)是「目前漏水量」(CARL)與「不可避免之漏水量」(UARL)之比值，比值愈低，表示供水系統管理維護績效愈好。在已開發國家，ILI 值在 2 以下；或在開發中國家，ILI 值在 4 以下，都代表管網維護管理成效良好。如果在不考慮經濟因素的前提下，具有良好設施管理的自來水管網，其 ILI 值甚至可能達到接近 1 的完美境界。

$$ILI = \frac{CARL}{UARL}$$

該數值是一種比值的關係，因此「設施漏水指數」(ILI)並沒有單位，此項因素有利於不同國家間之比較，不論這些國家是使用何種度量衡系統（公制或英制），都可以無須經過換算，直接比較。

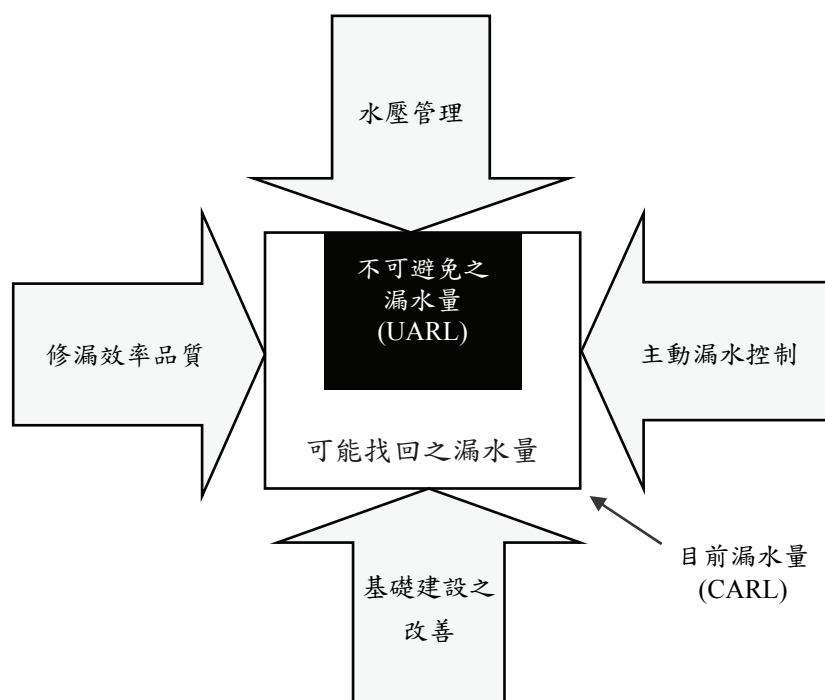


圖 1 漏水防治之四項主要措施

(三)不可避免之漏水量(UARL)

絕大多數的自來水從業人員應該會體認到，除非是不計成本的投入經費及人力，否則實務上要從一個大型自來水配水管網根除漏水量是不可能的任務，不論如何努力，總是會有或多或少的漏水量存在，這也就是所謂「在現行水壓下技術可達成之最小漏水量」，而國際水協會損失水量專案小組(WLTF)將這些損失水量稱之為「不可避免之漏水量」(UARL)。

國際水協會損失水量專案小組(WLTF)在 1999 年提出了估算「不可避免之漏水量」(UARL)的公式如下：

$$UARL = (18 \times Lm + 0.8 \times Nc + 25 \times Lp) \times P$$

UARL (公升／日，加壓系統下)

幹管長度 (Lm，以公里計)

接管數(Nc)

地界至水表間之管線總長度 (Lp，以公里計)

平均水壓 (P，以公尺計)

以上公式係國際水協會損失水量專案小組(WLTF)利用「成份分析法」，根據許多國家中具有良好設施及完善管理之供水系統之數據資料計算而得之經驗公式，該公式已被驗證適用於國際間之各類型自來水管網。

(四)設施漏水指數(ILI)簡易查詢表

「設施漏水指數」(ILI)儘管有準確度上的限制，國際水協會損失水量專案小組(WLTF)的成員仍然認為該指數是一個可以快速描述供水系統實際損失水量程度之最佳指標。然而，不論是在開發中國家或是已開發國家，許多自來水事業之專業人員依然不願意由以「百分比」型式表示的「漏水率」

轉換為「設施漏水指數」(ILI)。

為使「設施漏水指數」(ILI)更容易被各國接受及採用，國際水協會損失水量專案小組(WLTF)成員之一的 Roland Liemberger 先生在 2005 年提出了「設施漏水指數」(ILI)簡易查詢表 (見表 2)，該表只需要「實際損失水量」(以【公升／接管數／日】表示)及約略的「平均水壓」二個參數值就可以快速查出「設施漏水指數」(ILI)的估計值。

Roland Liemberger 先生所設計的「設施漏水指數」(ILI)簡易查詢表早已經被世界銀行相關機構列入降低損失水量訓練之教材，而且其本人甚至曾在 2010 年來台舉辦「無收益水量管理之國際最佳典範」研討會，順道推廣「設施漏水指數」(ILI)簡易查詢表，惟該表迄今仍未獲我國自來水事業單位採用。

「設施漏水指數」(ILI)簡易查詢表分別針對已開發國家及開發中國家提出不同的「設施漏水指數」(ILI)範圍，該表再根據不同的「設施漏水指數」(ILI)數值，將自來水事業單位的漏水程度分成以下 4 個技術績效類別，各自來水事業單位應該依照其類別採取適當措施：

- A：除非水資源短缺，否則進一步降低損失水量可能不經濟；有必要審慎分析，以確認是否具有成本效益。
- B：具有顯著改善之潛力，應考量水壓管理，需要較佳之主動漏水控制措施及管網維護。
- C：不良之漏水紀錄，只有在自來水量豐價廉下才可容忍，即使如此，仍應分析漏水之數量及性質，並加強漏水防治。



表 2 設施漏水指數(ILI)簡易查詢表

技術績效類別		ILI	實際損失水量[公升／接管數／日] (在加壓狀況下) 在以下之平均水壓下：				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
已開發國家	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4 - 8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
開發中國家	A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1,000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1,000

設計人：Roland Liemberger

D：水資源利用嚴重缺乏效率，急須降低漏水計畫且優先實施。

由於大多數開發中國家自來水事業單位的「設施漏水指數」(ILI)數值都超過該表中的上限值（也就是 16），因此將漏水量減少，使「設施漏水指數」(ILI)的數值下降至 16 以下會是第一個目標。一旦自來水事業單位開始引進主動漏水控制(ALC)、執行流量與水壓量測，以及改善整體數據品質後，「設施漏水指數」(ILI)的數值就會被明顯下降。此外，漏水量減少後會導致供水情況改善及水壓上升，這也會進而使得計算「不可避免之漏水量」(UARL)的公式更為準確。

六、結論

(一)【漏水量占系統進水量之百分比】(即「漏水率」)及【漏水量／戶／單位時間】等型式具有高誤導性，絕對不可以被採用作為漏水防治績效指標。

(二)即使國際水協會(IWA)已呼籲多時，我國政府相關主管機關、民意代表，甚至許多自來水從業人員完全不了解錯用漏水率作為漏水防治績效指標的嚴重性，以致「漏水率」仍然被廣泛使用。

(三)雖然【漏水量占系統進水量的百分比】不可以作為漏水防治績效指標，不過此種型式仍然被國際水協會(IWA)推薦作為漏水量的財務類指標以及水資源類指標。

(四)最佳的傳統漏水防治績效指標是以【漏水量／幹管長度／單位時間】或【漏水量／接管數／單位時間】來表示（取決於接管密度），不過這些績效指標應該伴隨平均水壓之估計。

(五)「設施漏水指數」(ILI)不受供水系統之間歇性供水、水壓高低、用水量多寡等因素影響，可有效表達出配水管網在現

有水壓下之管理維護績效，國際水協會(IWA)及美國自來水協會(AWWA)等單位均認定其為最佳的漏水防治績效指標。

(六)主管機關與自來水事業單位均應慎選績效指標，否則，所投入的大筆經費與人力可能因無法驗證成效而成為泡影。

七、未來展望

(一)自來水事業單位「降低漏水率計畫」之名稱應修正為「降低損失水量計畫」或「降低漏損水量計畫」，以符專業形象。

(二)我國自來水從業人員及相關主管機關應了解國際發展趨勢，及早摒棄「漏水率」，改採「設施漏水指數」(ILI)作為漏水防治績效指標。

(三)加強自來水事業從業人員有關「設施漏水指數」(ILI)觀念之教育宣導。

(四)自來水事業機構加速建置可獨立計量之區域管網，以提高水平衡分析之準確度。

(五)發展損失水量防治策略的首要工作應該是建立水平衡表，不過唯有確保相關水量之查核是正確的，所得之水平衡表才有意義，計算出來的「設施漏水指數」(ILI)數值也才能反應出管網維護的真實績效。

參考文獻

- 1.台灣自來水股份有限公司，2012，102~111年降低漏水率計畫
- 2.平成18年度東京都水道局事業概要，2007，東京都水道局
- 3.平成21年度東京都水道局事業年報，2010，東京都水道局
- 4.周國鼎，2012，我國自來水事業產銷平衡表之芻議，中華民國自來水協會季刊，第31卷第1

期

- 5.周國鼎，2012，估算自來水漏水量之方法，中華民國自來水協會季刊，第31卷第3期
- 6.周國鼎，2012，評「漏水率」作為漏水防治績效指標之適當性，第29屆自來水研究發表會
- 7.Alegre H., Hirner W., Baptista J.M. and Parena R. (2000) Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Manual of Best Practice. ISBN 900222272
- 8.Lambert A., Hirner W., 2000, Losses from Water Supply Systems - Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA - The blue pages, International Water Association
- 9.Liemberger, Fanner, 2001, The Water Topic of the 21st Century- Non-Revenue Water Reduction
- 10.Liemberger, 2002, Do You Know How Misleading the Use of Wrong Performance Indicators can be?

作者簡介

周國鼎先生

現職：行政院環境保護署科長、環境工程技師

專長：自來水工程、空氣污染防治、綠色採購

山坡地社區 NRW 過高時之標準化改善作業 —以新北市潭之鄉社區為例

文/李中彥、林永芳、時佳麟

摘要

山坡地社區因供水系統與平地有顯著差異，無法直接複製平地改善之經驗，故本文以新北市新店區潭之鄉山坡地社區漏水改善之經驗，將「裝設計量表侷限漏水範圍」、「系統檢視及全線開挖」、「蓄水池之滲漏檢測」、「觀察加壓趨勢圖，研判可能之漏水點」等手法，進行系統化分析，嘗試建立山坡地社區 NRW（Non revenue water，無計費水量）過高時之標準化改善作業，以利未來自來水事業執行山坡地社區漏水改善時，可採較經濟及迅速方式，有效率之進行漏水改善作業。

一、前言

為減少漏水，提昇供水效能，臺北自來水事業處（以下簡稱本處）近年來持續推動管線汰換工程，自民國 92 年起進一步導入「小區計量」觀念，透過區塊規劃、裝表計量、管網改善及長期管理等四大步驟，對於平地小區之漏水改善，已建立系統化之改善策略，對於售水率改善遭遇瓶頸小區，亦可採用次小區分割、配水管逐段測試、觀測夜間最小流等手法鎖定主要漏水位置，使本處漏水改善取得長足之進展。

另一方面，本處供水轄區包含平地及高地，其中本處代管之山坡地社區，係直接向用戶收取水費及加壓維護費用，故經過社區總表到用戶水表間之給、配水管線及蓄水設備等漏水均為本處須負擔之營業成本，此

外，山坡地社區因地勢關係須將水由下水池利用分段加壓方式加壓至上水池，再以重力流方式供應社區內各住戶用水，故前述系統中如有漏水，本處除須負擔流失水費外，尚須負擔動力費用。

台北盆地周邊大部分區域均屬高地，其中本處部分代管山坡地社區總表分攤度數較高，不但修漏頻繁造成分處及用戶困擾，本處更須負擔龐大之漏水損失及加壓維護成本。

山坡地社區因供水系統與平地有顯著差異，無法直接複製平地改善之經驗，亟待建立一套標準化之改善機制，以利未來執行提升山坡地社區售水率時，相關改善作業有所依循。

二、山坡地社區漏水原因分析

對於水處供水管網水壓無法到達之山坡地社區，依自來水法第 23 條第 2 項規定：「……自來水用戶為接用自來水，於總表後至建築物前所設置之加壓設備、蓄（配水池）、操作室、受水管、開關及水栓等設備，統稱用戶加壓受水設備。」，典型之山坡地社區加壓受水設備詳如圖 1 所示，於本處供水管網水壓可及之處，設置下水池，再藉由加壓設備及揚水管將水加壓至上水池，後藉由重力流方式將上水池之水供應至用戶。若遇高程差較大之山坡地社區，則可採多段加壓方式，將水先加壓至數個中繼水池，最後再加壓至上水池。

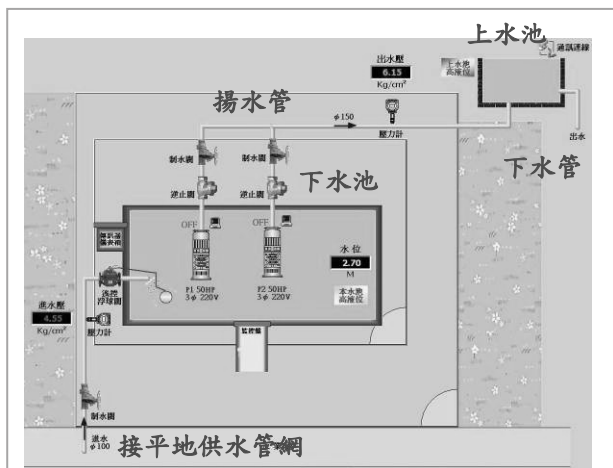


圖 1 山坡地社區供水系統圖

影響山坡地社區供水系統售水率之主要因素，分析可分概略區分為下列 4 項：

- a. 揚水管漏水
- b. 下水管漏水
- c. 水池滲漏或溢流
- d. 計量表故障

依據分析原因，可採用改善策略如下：

- a. 裝設計量表侷限漏水範圍
- b. 系統檢視及全線開挖→檢視否有非預期之異常接水
- c. 蓄水池之滲漏檢測
- d. 觀察加壓趨勢圖，研判可能之漏水點。

三、潭之鄉漏水改善案例

為建立山坡地社區漏水改善標準模式，本處西區營業分處擇定新北市新店區潭之鄉社區作為優先改善區塊，期藉由本社區改善之經驗，建立山坡地社區漏水改善作業流程，以為日後辦理其他山坡地社區供水改善時有所依循。潭之鄉社區之基本資料如圖 2 所示，本社區直接用水與總表戶數為 116 戶，下水池標高約 86.5 公尺，上水池標高約 158.7 公尺，藉由加壓設備及揚水管將下水池加壓至上水池，民國 98 年投入改善前初始售水率為 46.85%。



圖 2 潭之鄉社區基本資料

(一)98 年漏水改善過程

本案投入改善之初，對於漏水位置不甚明確，為利侷限漏水位置係位於水池、上水管或是下水管，故本案於 98 年 7 月 6 日，於潭之鄉社區上水池進入社區道路下水管處安裝評估計量表（詳圖 3），經比對該評估表用水度數及用戶用水度數後，發現評估表度數與用戶用水度數之和相當接近，故下水管並無明顯漏水現象，故本系統主要漏水應集中於揚水管及蓄水池。

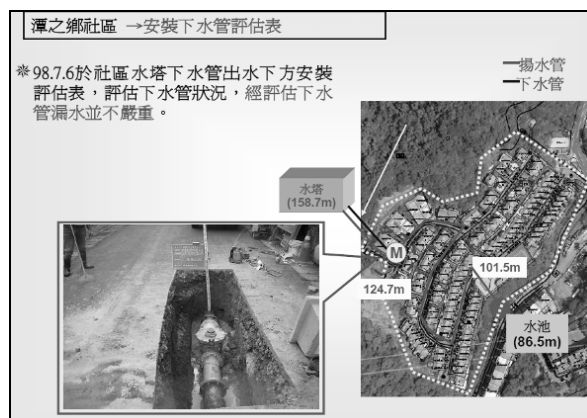


圖 3 下水管安裝評估表位置圖

因本社區大部分揚水管及下水管係以共用管溝之方式埋設於社區道路下方（部份揚水管埋設於山壁中除外），揚水、配水管使用材質為延性鑄鐵管(DIP)，惟用戶給水外線為塑膠管(PVCP)，故為瞭解社區道路下方

揚水管漏水狀況，以及查明是否有非預期之不明接水，於 98 年 7 月 27 日至 8 月 28 日間進行社區內揚水管、下水管全線開挖（詳圖 4），並一併將給水外線改接為不鏽鋼管 (SSP)，惟全線開挖過程並未發現明顯漏水。



圖 4 揚水管及下水管全線開挖照片

本處平地供水管網進入該社區下水池前設有一只 $\phi 100\text{mm}$ 流量計，該流量計經維護管理人員反映長期有振動現象，且該下水池附近水溝內亦有異常滲水現象，故合理推斷下水池池體有滲漏情形。

為釐清下水池池體滲漏狀況，於 98 年 10 月 6 日會同本處加壓管理單位辦理會勘，進行水池滲漏測試。測試方式為：關閉下水池進水管開關，14:55 量測下水池水位高程為 2.21 公尺，15:15 量測下水池水位高程為 2.16 公尺，水位下降 5 公分，乘以下水池蓄水面積 24.77 平方公尺，20 分鐘內漏水 1.239 公噸，換算每日漏水量達高達 89.21CMD（詳圖 5）。

為解決下水池漏水問題，於 98 年 10 月 27 日放空水池內自來水後進入檢視，發現沿下水池側牆交界處及與底板交接處有多處明顯裂縫。確認裂縫後隨即進行下水池裂縫 PU 膜壓力灌漿修復（詳圖 6），修復後下水池後，經再進行滲漏測試，未再發現池體有

顯著漏水。

觀察下水池修復前後之進水壓力變化如圖 7 淺藍色線所示，其中橫軸為時間，縱軸為下水池進水壓力，在裂縫修補前進水壓力曲線有明顯抖動現象，其原因係水池滲漏導致持續進水所致，流量計亦因水池滲漏持續進水產生劇烈震動。經下水池裂縫修復後，進水壓力趨於平順，流量計也不再發生抖動現象。

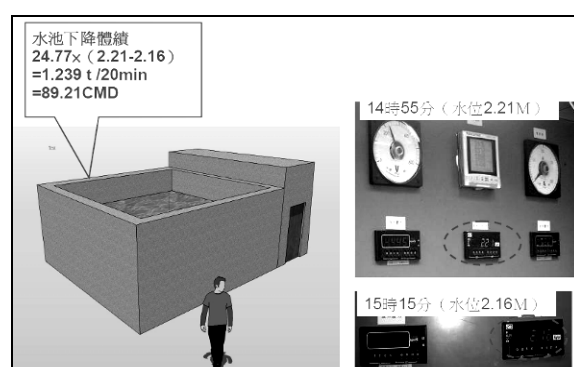


圖 5 下水池滲漏測試照片及示意圖

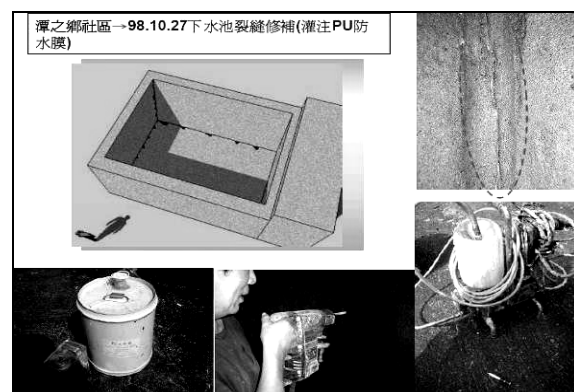


圖 6 下水池裂縫修補

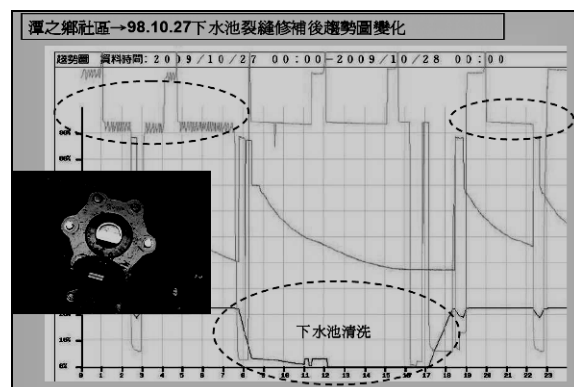


圖 7 下水池裂縫修補前後進水壓力變化

另觀察本社區加壓趨勢圖出水壓力變化可發現，當每次加壓至 8.74 kg/cm^2 ，出水壓力洩降至固定壓力 3.74 kg/cm^2 ，直至下一次加壓（詳圖 8）。故可推測該洩降至固定壓力點，為揚水管可能之漏水位置高程。經 98 年 11 月 20 日觀察加壓趨勢圖出水壓力，發現位於下水池高程 $86.5\text{m}+37.4\text{m}=123.9\text{m}$ 處有疑似漏水（即揚水管由道路進入山壁處），故於 98 年 11 月 24 日破碎樓梯混凝土，果然發現該處 $\phi 100\text{mm}$ PVCP 揚水管底部已產生長達 1 公尺之縱向裂縫，進而抽換位於下方破裂之揚水管為 DIP 管（詳圖 9）。經上述改善作為之後，潭之鄉社區售水率由 46.85% 提升至 93.12%，完成初步之漏水改善任務。

(二)101 年漏水復發改善

今(101)年初針對潭之鄉小區進行複檢發現近期加壓站用電量突增，研判有漏水復發現象，經觀察 101 年 8 月 27 日加壓趨勢圖（詳圖 10），發現出水壓停止點在 2.6 Kg/cm^2 ，由加壓站標高約 $86.5\text{m}+26\text{m}$ 估計約在高程 112.5m 處，揚水管發生疑似漏水現象。換算現地高程位置，係位於華潭路 1 巷 75 號前附近（詳圖 11）

本處於 101 年 8 月 28 日進行加壓站水池清洗，除進行水池滲漏檢查及進、出水量評估揚水管滲漏量外，亦採手動方式靜待揚水管餘壓降至最低點時，與前述推斷疑似漏水點位置進行比對後，再由測漏人員在華潭路 1 巷 75 號附近配合加壓站加壓檢測明確漏水點位置。

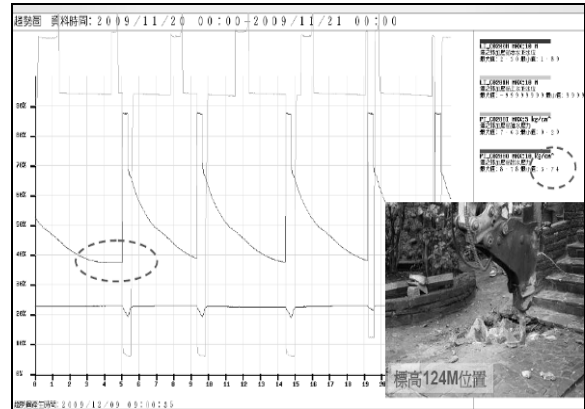


圖 8 98 年 11 月 20 日加壓趨勢圖



圖 9 $\phi 100\text{mm}$ PVCP 揚水管底部裂縫照片

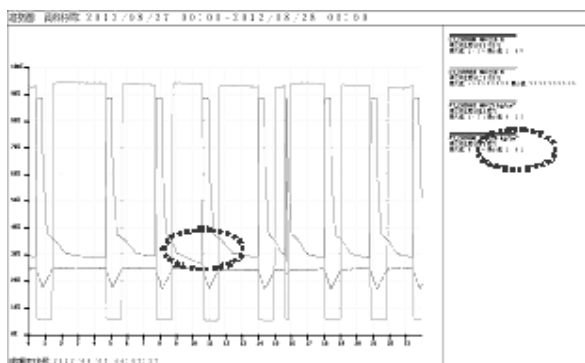


圖 10 101 年 8 月 27 日加壓趨勢圖

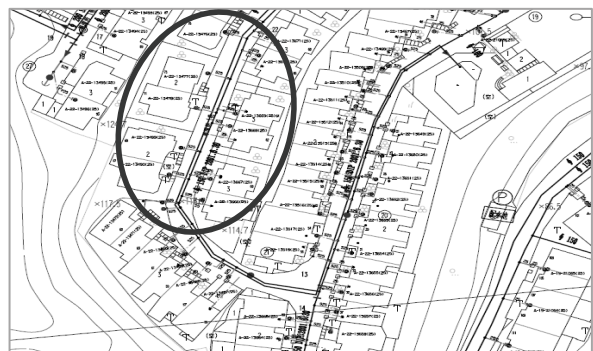


圖 11 疑似漏水位在華潭路 1 巷 75 號前

經 101 年 8 月 30 日配合加壓站加壓時進行現場開挖，於原研判漏水位置發現大量漏水（詳圖 12），並發現於 $\phi 150\text{mmDIP}$ 揚水管產生一直徑約 1 公分圓形孔洞（詳圖 13），本處揚水管孔洞雖然不大，但因加壓站出水壓力高達 9 Kg/cm^2 左右，故漏水量相當可觀。

經 101 年 8 月 31 日修妥漏水管迄 9 月 9 日期間，潭之鄉小型加壓站出水流量已由原 234CMD 降至 104CMD（詳圖 14），找回 130CMD 漏水量。

四、標準化作業

本次潭之鄉社區漏水改善使用了「裝設計量表侷限漏水範圍」、「系統檢視及全線開挖」、「蓄水池之滲漏檢測」、「觀察加壓趨勢圖，研判可能之漏水點」等手法，惟因初期無法侷限可能之漏水位置，導致漏水改善進程並不順利，其進行順序似有可再調整精進之處。

以本次潭之鄉社區漏水改善之經驗，進行山坡地社區漏水改善前，應先評估水池是否有滲漏或溢流現象，再進行後續其他改善措施，可收較經濟之效果；另利用加壓趨勢圖可迅速鎖定可能漏水位置，具經濟、迅速、效益，又可解決漏水問題。

依據本次潭之鄉社區漏水改善之經驗，建立山坡地社區漏水改善之作業流程如圖 15 所示，如遇 NRW 過高之山坡地社區，優先進行簡易且不耗費較多資源之「蓄水池滲漏測試」及「檢視外部系統是否有非預期異常接水」，如 NRW 仍偏高時，應先確認揚水管逆止閥是否漏水，以及揚水管壓力是否未降至最低點即再加壓，如無上述情況，可利用加壓趨勢圖研判揚水管可能之漏水位



圖 12 華潭街 1 巷 75 號前開挖發現漏水



圖 13 $\phi 150\text{mmDIP}$ 揚水管圓形孔洞

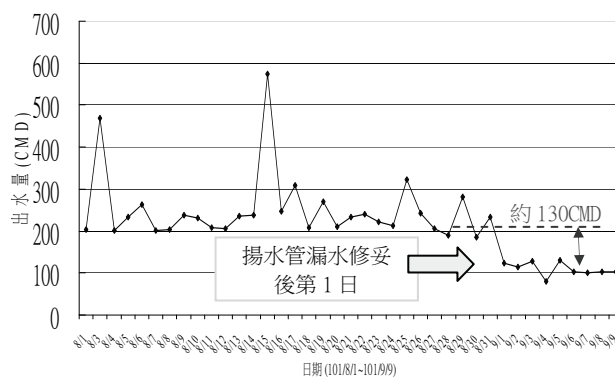


圖 14 潭之鄉加壓站出水流量變化

置並進行修理或抽換管線。上述作法如仍無法判定漏水點，再裝設計量表侷限漏水位置，鎖定漏水區域後再進場進行管線抽換或全線開挖作業，直到售水率超過百分之九十為止。

五、結論與建議

山坡地社區漏水改善案件，可參考本文所述流程辦理，透過「裝設計量表侷限漏水範圍」、「系統檢視及全線開挖」、「蓄水池之滲漏檢測」、「觀察加壓趨勢圖，研判可能之漏水點」等手法，將可以最經濟之方式找到漏水原因，達到漏水改善效益，並可供未來山坡地社區漏水改善有所依循，不致發生盲目尋找漏水原因而耗費大量人力資源之現象。

小型代管山坡地社區相關蓄水設備及管線早期均為建商施作，相關施作品質及漏水狀況均難保證，故如須進行相關漏水改善措施前，建議均需先進行蓄水池滲漏測試。

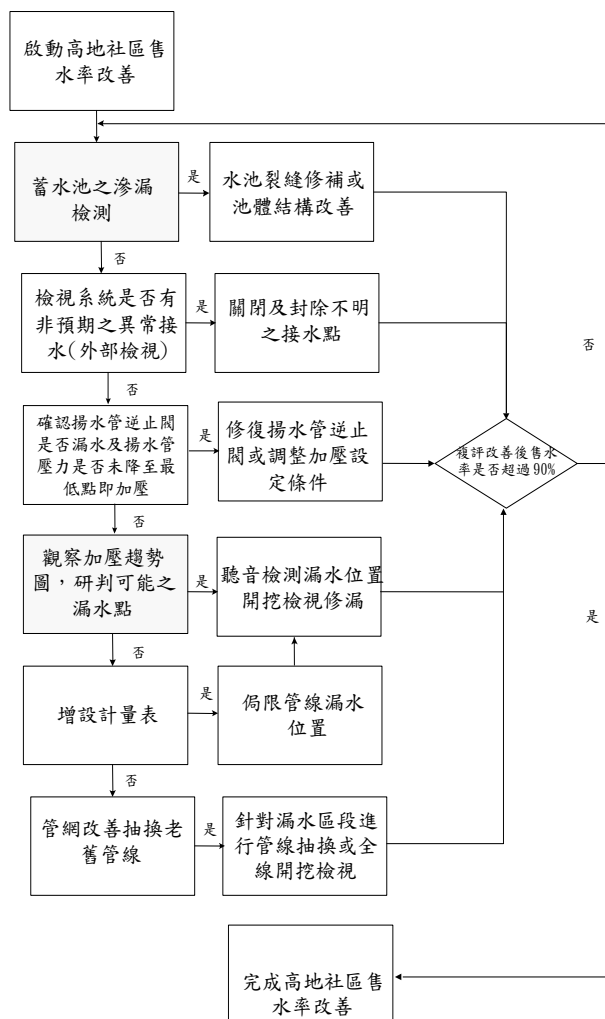


圖 15 山坡地社區漏水改善建議流程圖

參考文獻

- 1.臺北自來水事業處，「臺北自來水管網改善計畫」，2003。
- 2.臺北自來水事業處，「供水管網改善及管理計畫—長程策略方針」，2006。
- 3.陳明州、吳奕均、楊境維，「小區計量工法於管網系統漏水管理之應用」，2008。
- 4.郭志東、林哲生、李中彥，「小區售水率提昇之瓶頸與突破」，2009。

作者簡介

李中彥先生

現職：臺北自來水事業處技術科幫工程司

專長：自來水工程設計、施工及契約法規。

林永芳先生

現職：臺北自來水事業處西區營業分處幫工程司

專長：自來水工程設計、施工及研究發展。

時佳麟先生

現職：臺北自來水事業處西區營業分處股長

專長：自來水工程設計、施工及地理資訊系統。

供水管網水壓精緻操作與管理

—以臺北地區為例

文/王銘博、楊境維、黃欽稜

一、前言

隨著全球氣候變遷造成暖化影響，讓臺灣水資源供應不穩定現象近年來更加顯著。2004 年艾利颱風來襲，導致桃園地區大停水，2009 年莫拉克颱風重創南臺灣，2 天累積降雨量超過 2,100 毫米，打破了有史以來單、雙日降雨量的最高紀錄，並造成超過 86 萬戶大停水 10 天，停水範圍廣達高雄、臺南、屏東、南投及苗栗等地區。為此，全世界各自來水事業單位莫不積極構思，如何穩定供水及維護水資源。

然而，漏水改善必須是全方位的，依據國際自來水協會（IWA）建議，成功漏水管理對策，主要作業內容包含管線汰換、修漏品質、漏水檢測及水壓管理四大要項。近年來臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）積極進行供水管網改善及管理計畫，每年管線汰換率皆逾 IWA 建議 1.5% 之標準（詳如圖 1），此外，搭配主動漏水檢測、小區計量評核及水壓調控等相關措施，以降低漏水率。

二、水壓管理與漏水量之關係

就水壓管理而言，係透過全面性精緻水壓調控，使供水管網系統整體水壓均化，達到減少漏損之目的，且為最快速且有效的。

目前已有許多國家確認妥善之水壓管理措施，為有效降低漏水量之主要策略，依 FAVAD(Fixed And Variable Discharge)漏水量與水壓換算方程式可知，系統壓力與漏水量為指數關係：

$$\frac{L_1}{L_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N-1}$$

其中 L 為推估漏水量(M^3)， P 為管線水壓值(kg/cm^2)，而 $N-1$ 為指數。 $N-1$ 值越大，則代表漏水量相對於水壓變化之敏感度越高（詳圖 2）。

隨著管網形態及管線材質之不同，全世界各國自來水事業 $N-1$ 值也不相同，但多介於 0.5-2.5 之間，以 1990 年間包括北美、英國、日本、德國及巴西所蒐集之相關數據， $N-1$ 平均值接近 1.15。

經分析，北水處自 1999 年至 2005 年管網平均水壓與漏水率之關係(詳圖 3)，在 2006 年全面執行供水管網改善及管理計畫前，漏水率與平均水壓趨勢成高度正相關，利用公式回歸可得到，北水處指數 $N-1$ 值為 1.85。這代表台北供水轄區，當管網水壓提高 2 倍時，其管網漏水量就變成原來的 3.6 倍。

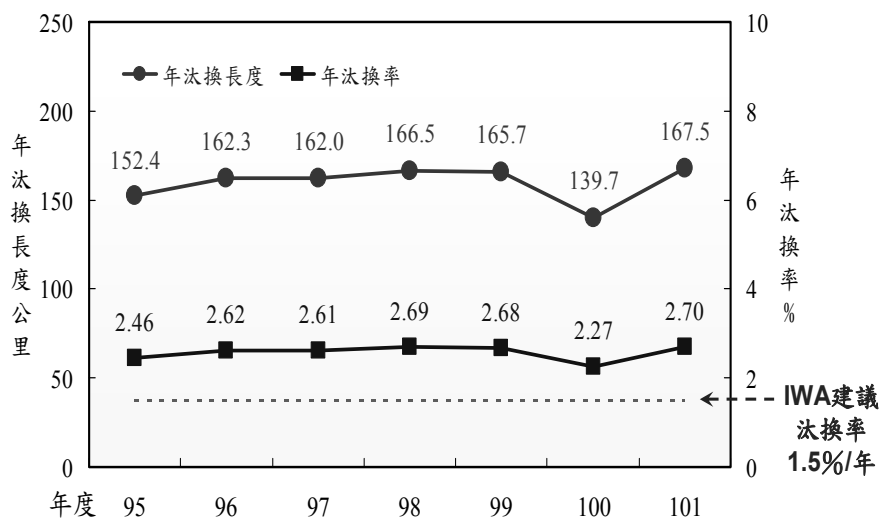


圖 1 北水處 95 年至 101 年汰換管線長度及汰換率

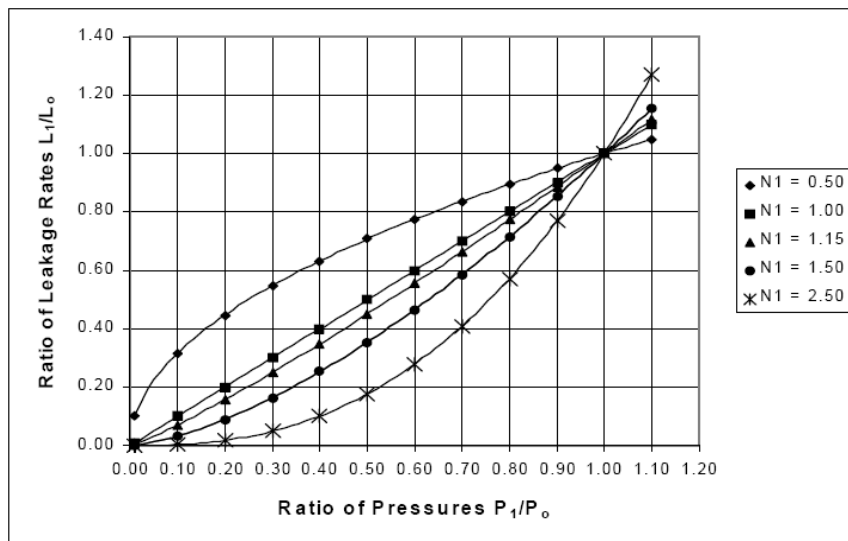


圖 2 管網漏損水量 (L) 與壓力 (P) 之關係圖

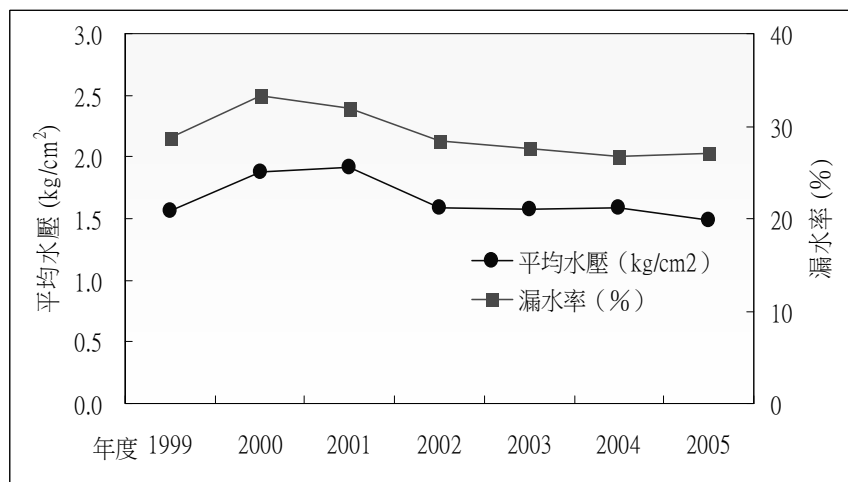


圖 3 北水處 1999-2005 年管網平均水壓與漏水率之關係

參考國外文獻及實驗結果得知，漏水指數 N1 值高於 1.5 之管網，其漏水多來自張裂型破洞，而分析北水處管網漏水態樣，以雙向張裂型佔大宗，其原因為用戶給水管材質為聚氯乙烯管(PVC)及聚丁烯管(PB)為主，經分析歷年給、配水管修漏資料顯示，其中超過七成為聚氯乙烯管(PVC)及聚丁烯管(PB)龜裂或接頭縫隙造成漏水。因此當管網壓力提高，裂縫張開，漏水量當然變多。

所以這些年來，北水處正積極汰換管線，惟以每年管線汰換率平均 2.55% 而言，預計在 2025 年才可將轄區內老舊管線全部汰換完畢，故水壓控制仍是北水處漏水管理最重要的一環。

三、北水處管網水壓管理現況

北水處供水系統係依臺北盆地地勢所建構，呈「座南朝北」走向。單一供水源頭位於盆地南端的新店溪，而翡翠水庫、直潭淨水場等重要蓄水及淨水設施皆集中於此。往北之後，高度順著地形而下，在進入臺北盆地的核心地帶之前，早期設置之淨水場為公館、長興淨水場。再往北走，過了盆地中心而沿著基隆河周邊，北水處最主要的加壓設施：包括大同、民生及松山等加壓站，均位於市中心，以接力方式，將水再送往更遠之盆地周邊區域如大直、內湖、士林及北投等地區（如圖 4）。

回顧大台北地區自來水管網建設之歷史，以自來水「普及率」當作觀察指標，1945 年臺北地區的自來水普及率僅 22%，到了

1970 年短短 15 年之時間，即巨幅成長至 70%，到了 1985 年甚至突破 99%（如圖 5）。所以我們不難發現，在 1985 年以前，北水處全力「追趕需求」，幾乎將所有的人力、物力及經費投入，擴充供水管網系統及加壓站配水池等、增加出水量、埋設新管線，卻對於管線老舊、漏水等問題未曾進行探討，更別說是對整體供水管網，進行有系統的更新及管理。

所謂系統化的管網，係指自來水從加壓站經抽水機加壓出水後，透過輸水幹管，再由各獨立之供水系統進入配管線，最後再經給水管配送至用戶（如圖 6）。如此，除了平時各獨立供水區可獨立計量、便利管理之外，更可透過各分區進行供水調配，相互備援。

然而，在以往管網急速擴充及急就章之情況下，導致大臺北地區形成管與管互相縱橫交錯的棋盤式「管網」，亦即輸管幹管與配水管互相連結。因此，對於供水管網進行「系統化」的管理，仍有一段相當大努力的空間。

為了突破過去自來水「追趕需求」建設歷史及造成大臺北地區供水管網先天上水壓調控之限制與缺陷，北水處近年積極執行相關水壓管理措施，首先以滿足用戶用水需求為優先，全面進行汰換老舊抽水機及增設變頻設備，並利用加壓站抽水機變頻遠端調控操作與離峰時段之重力旁通供水，以降低整體加壓耗能，茲將各項操作與管理措施說明如下：



圖 4 北水處供水管網示意圖



圖 5 大臺北地區管網 40 年內擴張 10 倍

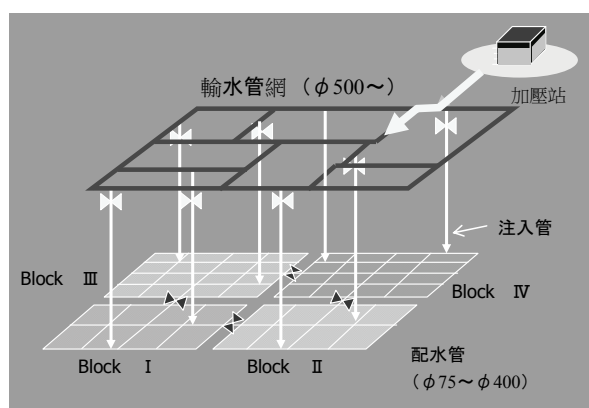


圖 6 系統化管網示意圖

(一)變頻器精緻水壓操作與管理

變頻器為節能利器，亦為水壓管理利器，利用變頻器之無段變速特性，搭配以管網末端壓力迴授監控操作與管理，以有效調整尖、離峰管網之水壓，除能有效節省抽水機耗能外，亦避免大馬力抽水機啟動及關閉動作，產生供水管網水錘作用，而造成管線漏水情形，此為供水管網最佳化之操作模式，更發揮即時性的自動調配功能（詳圖 7）。

北水處近年已於加壓站全面使用變頻器，採行創新專利之管網末端壓力迴授控制，取代傳統出口端壓力控制方式，有效控

制尖、離峰管網之水壓，除於尖峰用水期間可充分滿足用戶水量需求外，並於離峰時段有效降低出水壓力，更有效減少管線漏水量，節省水資源外，另對於減低供水耗能、穩定管網水壓、提升運轉效能、降低抽水機啟動電流及延長使用壽命等效益顯著。

(二)離峰時段旁通重力供水

由於大台北供水轄區尖離峰時間輸配水量差異頗大，因此，除了抽水機全時段運用變頻器搭配遠端監控操作外，離峰時段，北水處於部分加壓站藉由直潭淨水場清水池水位調控，及利用清水輸水幹線於加壓站邊設置旁通管直接重力供水，必要時搭配抽水機變頻運轉調度，以節省動力費用，並可維持供水區域水壓，達到減少用電量、節省電費及節能減碳等效益。

此外，加壓站進水口設置多噴孔套筒控制閥，利用進水量與開度成線性正比之特性，有效控制並維持重力旁通管餘壓，以發揮節省能源之功效，另可大幅改善並降低原使用閥盤式閥門之噪音以及振動問題，減低噪音對環境之影響。



圖 7 變頻器遠端控制示意圖

四、供水管網水壓精緻操作與管理方案

如前所述，由於臺北地區原先管網構建時，有其時代背景，加上規劃無供水分區觀念，造成管網錯綜複雜，雖然目前北水處透過加壓變頻操作，與離峰時段重力旁通方式提升水壓管理效能，但嚴格來說仍屬傳統水壓操作模式，仰賴「經驗」成分居多，故對於「供水管網水壓精緻操作與管理」而言，仍有相當長的一段路要走。所以，對於未來北水處供水管網水壓均化採行方案臚列如下：

(一)短期方案：全面建置水壓監視點，掌控管網水壓

就水壓長期管理而言，首要工作即是廣設水壓監視點。水壓監視點就如同身體內的感應神經，而監控中心就好比是大腦，感應神經需隨時將外界訊息傳遞至大腦，以提供足夠資訊，讓大腦可以判斷並進行下一步動作指令，其重要性實不可言喻。若管網系統水壓監視點不夠密，就有如末梢神經麻痺，甚至連管網中的制水閥開或關都不知道。

目前北水處水壓主要監視點僅 100 點（詳如圖 8），若以配水管長度 3,760 公里計算，平均密度約每 37.6 公里才有 1 點，以如此監視點密度若欲掌握整體管網水壓，仍有相當之不足。故對於未來，供水管網應朝向「智慧化」發展，即於管網關鍵點及樞紐處廣設水壓監視點，將供水管網中水壓、水量、水質等即時資訊，傳達至監控中心，如此，才得以即時分析，並作為精緻水壓操作與系統管理之重要參考依據。



圖 8 北水處主要水壓監視點分佈圖

1.水壓監視點的建置方式

由於北水處近年透過「小區計量」主動漏水管理工法，檢核管網改善成效，在積極規劃設置計量表之同時，應利用小區計量表位裝設壓力計，並以無線傳輸方式，將小區進水點水壓及水量等資料即時傳送（詳如圖 9）。未來北水處整體轄區預計將劃設 850-900 個小區，若完成後，屆時將同步擴增超過 1,000 點水壓監視點。

2.利用水壓監視點進行管網水壓管理

未來北水處水壓監視點達到一定規模後，可再利用各監視點將壓力訊號與加壓站訊號進行相關分析，把相關性「定量」出來。

舉例來說，若某個水壓監視點與某個加壓站訊號為「零相關」，則代表該處是在加壓站勢力範圍所不及之處，如果「有相關」則代表該處位於加壓站之供水範圍內，而範

圍內之相關性愈高，代表愈受該加壓站加壓能量影響(如圖 10)，即便區域管網無法進行「系統化」分割，利用壓力訊號相關性分析即可以明確地將各加壓供水範圍標示出來，並且可以對管網進行更進一步管理，詳述如下：

(1)有效提升對整體管網壓力之掌握度：

由水壓監視點所得壓力訊號分析各加壓站壓力分佈範圍，能針對管網中水壓盲點-即壓力偏高或偏低區域，研擬相關改善方案，例如：對水壓不足區域設置中繼加壓站等。

另外，可明確標定各個加壓站的勢力範圍，而且勢力範圍重疊之處，亦能以相關函數峰值的大小，辨識出哪個加壓站的貢獻較大，以掌握管網系統的供水行為，更可以發掘管網系統中的缺陷，或長期服務水壓不均勻、加壓設備運作浪費能量、配送水流向不明確……等服務不足之缺失地點。

如此，除可滿足用戶水壓服務需求外，更對提高動力效益與經濟節能，同時降低管網漏水有所助益。

(2)遠方監視點變頻迴授壓力點選擇之參考：

目前北水處係透過遠端壓力訊號迴授方式，控制變頻器等加壓設備，形成良好控制迴路，發揮穩定水壓的效用。又目前迴授壓力參考點的選擇，多半憑藉經驗，挑選幾個壓力監視點測試後才定下來，並無較為科學的參考依據。而且引用的監視點都設在大型管線，並不能完全真實反映 300mm 以下小口徑配水管的行為，因此如何選擇最佳迴授訊號的監視點，仍有精進的空間。

當水壓監視點密度達一定規模，則可以透過壓力相關圖，由加壓站勢力範圍內挑選適當位置設置監視點，讓迴授訊號更貼近用戶端小口徑配水管線，亦可同時挑選多個迴授訊號，加權處理後再回送至變頻器，讓加壓系統同時滿足「多點」需求；或者將監視點設置於兩個加壓站的壓力重疊區，讓變頻器同時感受到兩個加壓站的訊號，如同把兩個加壓站同時「並聯運轉」，發揮截長補短的效果，提升運作效能。

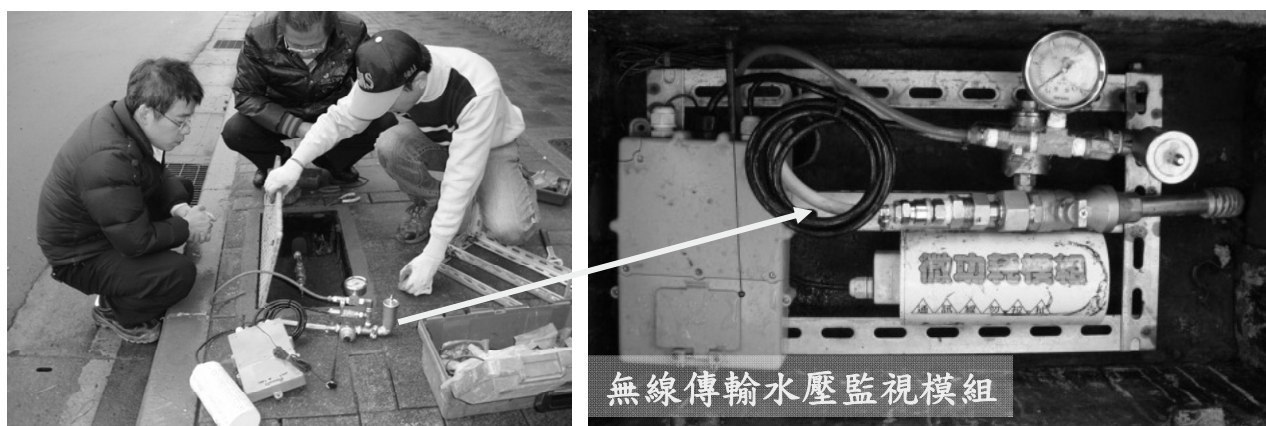


圖 9 取代傳統監視箱之無線傳輸水壓監視模組

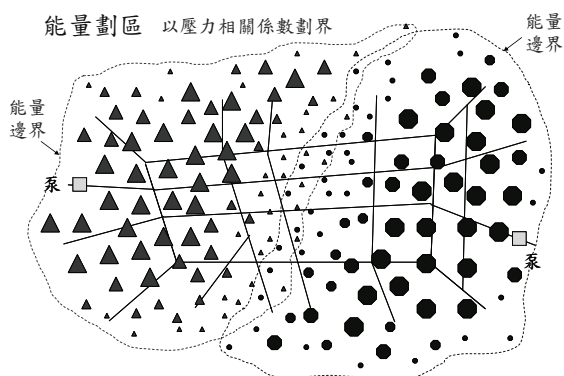


圖 10 由監視點壓力訊號劃分加壓站能量範圍示意圖

(3)釐清真實管網拓撲，判斷制水閥啟閉狀況：

如果水壓監視點密度提高，可同步提升壓力的訊號擷取頻率，如此就能夠由相關函數曲線的峰值位置，判斷訊號抵達每個消防栓的實際時間差。當時間差比較小，代表消防栓距離加壓站比較近，反之，則代表消防栓距離加壓站較遠。同樣地，把時間差給予不同的色階，標註在圖資上，即為「時差圖」。如果時差圖中某一片區域與附近的時差值落差太大，則代表周邊的制水閥遭到關閉，導致加壓站訊號要繞遠路才能抵達消防栓。因此「時差圖」色階的不連續面，即代表管網的不連續面，可能是制水閥被關閉，或管線未連通等情形，所以時差圖可以反映真實的管網拓撲，並用來校正圖資中制水閥開啟或關閉之狀態。

(4)建立供水管網水理模型之參數：

目前水理模型公認是最佳的分析工具，但合理水理模型需建立在四大關鍵要素上，分別是「管網拓撲」、「管壁糙度」、「配水模式」、「用水模式」。由於水理模型跑出的數據僅是「預測值」，有時候誤差很大，必須校正才能使用，在實務上，水理分析

後，尚需至現場實測消防栓壓力、或搜集監視點壓力，比對預測值，酌量修正水理模型各項參數，再跑一次模型分析，如果仍然不能吻合實測值，則需重複修正參數，直到預測值收斂到實測值為止，才能提升水理模型合理性及實用性。若未經前述「試誤法」校正，水理模型往往是「garbage in, garbage out」，預測錯誤百出，毫無價值可言。

北水處目前所建置之水理模型僅建立於制水閥較少、啟閉狀況較清楚的「幹管」上，不確定因素少，因此模型推估之供水行為、系統需水概況，預測誤差較小；但是幹管下層「小型管網」的行為，卻無法分析，原因即是由於小口徑配水管線的制水閥啟閉狀況、用戶用水模式皆未明，最關鍵的「管網拓撲」、「用水模式」無法確立，不確定因素過多，導致模型預測錯誤太大，因此目前小管網的水理分析實用價值較為偏低。

未來可利用嚴密之水壓監視值，將「相關分析」採用實測壓力訊號值，確實反映管網的實際供水行為，修正水理模型，同時，以 PDCA 方式將實測值直接回饋並逐步修正系統，建立具實用性之水理模型。

(二)中期方案：建立獨立供水分區，均化管網水壓

經統計，大臺北地區用戶間接供水比例高達八成五，也就是說大部分配水壓力在用戶打開水龍頭使用之前，就先進入了地下蓄水池將水壓化減為零，再由馬達抽送至頂樓水塔，管網水壓與用戶實際使用之壓力並無直接關係。因此，在北水處老舊管線全面汰換完成之前，最經濟之水壓操作模式，應僅維持一定之能量，以及防止負壓污染並滿足

末端用戶用水需求即可，大可不必大幅提高壓力而造成無形的能量浪費。

又對於直接供水用戶(比例約占 1 成五)而言，供水壓力其實是一種「習慣」，若突然降低長期處於高壓力用戶的水壓，用戶一定無水可用，相反的，若對低壓區用戶加壓，常又造成內線設備受損。因此，管網水壓就好像身體感受氣溫一樣，是相對性的，並無所謂高或者低，最重要為用戶能夠逐漸習慣或接受，進而調控管網系統供水之最適壓力。

所以目前北水處水壓操作的重點就在於如何保持讓管網中每一點，皆能滿足並維持用戶最低需求之壓力，所以關鍵點不是在於「患寡」，而是在「患不均」！而均化管網水壓最有效之方式，即是將整體管網劃設若干獨立供水分區，再透過各單元水壓之操作與控制，達到水壓均化之目的。

雖然過去大台北地區自來水管網建置有其背景，形成棋盤式管網，若欲將分割成輸水幹管、配水管網再到用戶給水管分置系統，有如「穿著西裝改西裝」，充滿了困難與挑戰，但是為了未來整體管網水壓精緻操作與管理，仍是必須面對及突破的課題。

北水處曾於 2002 年「臺北區自來水第五期建設給水工程計畫規劃報告」提出將供水轄區劃分為 11 個供水次區概念(詳圖 11)，以便於日後管理。而目前僅能將周邊區域：包括士林北投、大直內湖、文山新店、安康、中永和及三重 6 區獨立計量，而市區部分包含大同、民生、長興及公館 4 區再加上南港分區尚無法切割成為獨立供水分區，故必需再進行後續檢討及改善。

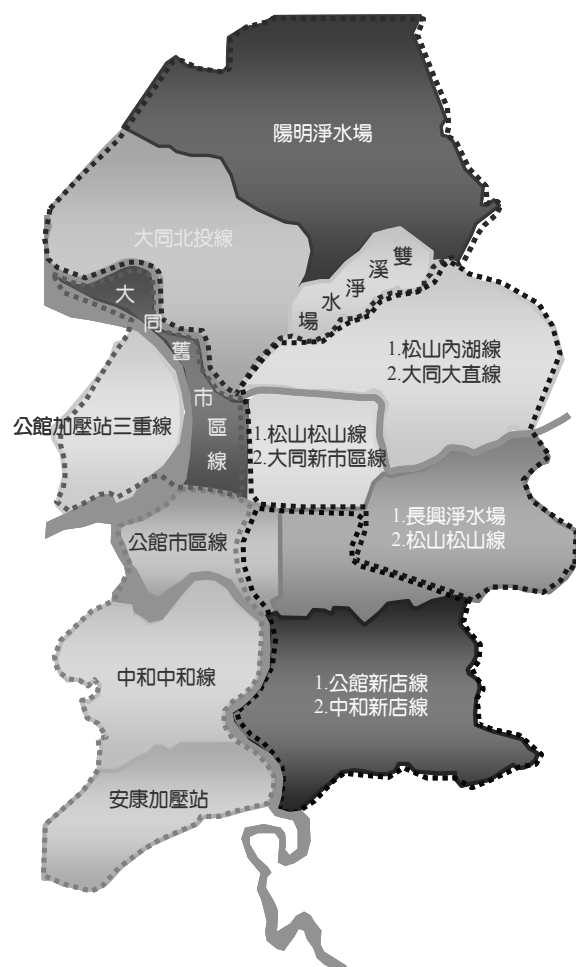


圖 11 北水五期建設計畫規劃獨立供水次區規劃概念圖

由於劃設獨立供水分區之後，成為可長期封閉而不影響管網其他範圍之獨立供水區塊，才可進行水壓調控與均化，因此，北水處未來將以多管其下方式，完成供水分區建置，其方法詳述如下：

1. 建構獨立中小型加壓站供水區：

北水處各獨立中小型加壓站共有 33 座，每日供水量約 11 萬 CMD，雖然僅佔轄區供水量 6%，但由於大部分為高地地區，為於供水轄區周邊範圍，可長期獨立且完全不影響周邊區域供水，故應先建立用水資訊，並長期管控各小型加壓站所轄範圍之未計費水量變化情形。

以臺北市信義區吳興街三張犁加壓站

為例（詳如圖 12）：該區用戶數僅 6,000 戶，然而因出水壓力高達 $3.6\sim 4\text{kg/cm}^2$ ，每日出水量約 1 萬噸，售水率僅 35~41%。目前已切割為 4 個小區，並裝表計算各小區售水率後，執行管網改善並持續管控管線汰換成效。

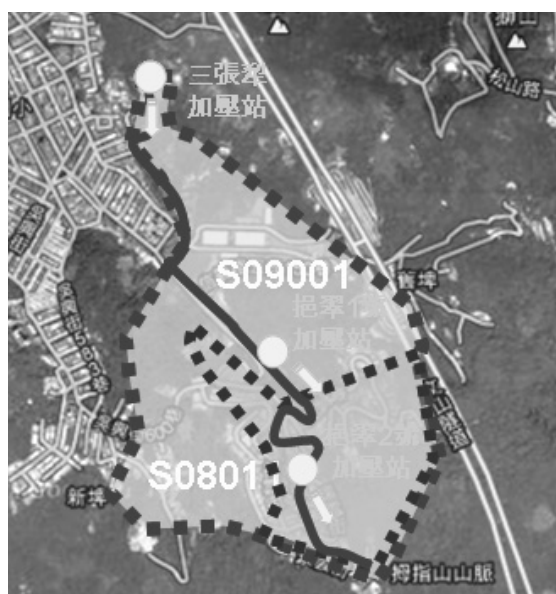


圖 12 三張犁加壓站獨立供水區域示意圖

2. 小區合併成獨立供水中區：

自 92 年起北水處積極劃設小區，期能以主動漏水控制模式改善整體管網體質，已建置完成超過 732 區小區（詳如圖 13），目前正規劃及執行將數個小區連結成一供水中區，並將原「棋盤式」管網變成個別獨立之「葡萄串」系統，俾利日後管理（如圖 14）。此外，目前小區劃設以口徑 400mm 以下管線為主，連接數個小區形成一供水中區之後，則可評估小區邊界範圍外所遺漏之管線狀態。

但為避免小區封閉後影響周邊或整體供水管網系統，所以採行方式為小區於計量初始售水率，及改善完成進行售水率複評之期間以外，邊界閥栓皆屬於開放狀態。因此要將小區合併中區進行長期管理，在長期封

閉期間所衍生之水量、水壓不足問題尚待突破，亦應特別考量緊急或突發狀況之供水應變。例如火災消防用水、停水後復水等用戶用水需求，以及部分管線末端及單向管尾地區，必須特別加強管末排水作業，以維水質安全。此外，在執行初期，最難跨出的一步，為小區合併後如何同時維持區內用戶用水品質，及不影響周邊區域供水。



圖 13 北水處供水轄區小區規劃成果

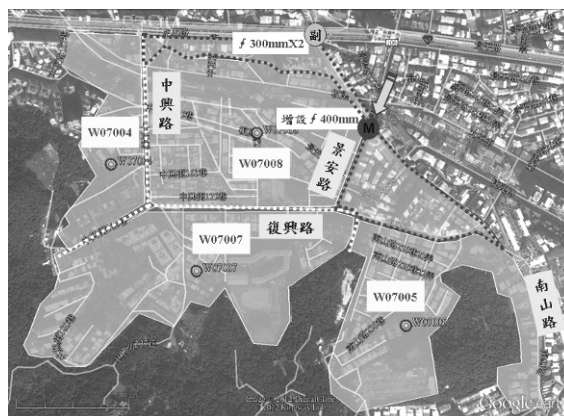


圖 14 小區合併成獨立供水中區示意圖

故對於執行將數個小區連結成供水中區，以利進行長期管理之問題，先決條件必須考量整體管網周邊區域供水狀況，由外而內之方式逐步建置。

3. 供水分區備援系統之應用：

完善供水系統為確保都市發展重要生命線，清一、清二幹線先後完成已為大台北地區提供相互支援之備援系統，但為求穩定供水，北水處在「臺北區自來水第五期建設給水工程計畫」建設過程，積極強化各供水系統間備援能力，建構多條管網系統支援幹線，若單一系統發生問題無法運作時，可立即由鄰近系統相互支援供應。

經檢視外圍供水分區均可利用建置之備援系統，配合調整管網供水模式而進行劃分，詳述如下：

(1) 安華加壓站系統：安華線及安康線

安華加壓站預計 103 年 2 月啟用通水，屆時藉由口徑 1,500mm 安華新店線直接供應新店地區，而原有口徑 1,200mm 中和新店線及口徑 900mm 公館新店線，可調度供應臺北市文山地區使用，而原來新店文山供水分區，即可再精進切割為新店及文山兩區，如此，除了縮短輸水距離外，對於水量調配、相互支援供水及水壓均化，將有更大的彈性空間可應用。

同時，口徑 1,000mm 之安華加壓站安康線亦將啟用，未來除了由現有安康加壓站供水外，再多了一條備援系統支援安康地區西半部供水，並且透過雙城加壓站聯合運作模

式，將安康地區依其高程分為平地、次高地與高地區（如圖 15），以均化水壓，並有效解決目前為滿足部分高地區，需維持整體安康地區高水壓之困境。

(2) 大同加壓站系統：北投線及關渡線

目前士林、北投供水分區僅靠口徑 2,000mm 大同北投單一輸水幹線，除供應北投區及大部分士林、天母地區民眾用水外，另支援淡水八里等台水公司轄區用水。北水處為滿足供水需求，不得不提高大同加壓站北投線源頭水壓力，卻也因此造成額外漏水及能量之損失。

為了改善此問題，北水處預計於 104 年完成關渡線完成後，將直接供給北投關渡地區，並配合逐步均化北投及士林地區壓力（如圖 16），同時與原有輸水幹線，形成相互備援之雙線供水系統，並可支援淡海新市鎮開發之用水需求。

4. 供水分區建構再精進：

目前臺北市區部分包含大同、民生、長興及公館 4 區再加上南港分區，迄今尚無法切割為獨立供水分區，然而因南港分區屬於周邊具天然邊界之優勢，且民生加壓站竣工後已由民生南港專線（口徑 1500mm）供水，未來將朝向將南港地區劃設獨立供水分區。

此外，原規劃內湖大直分區因供水系統分別由大同大直線（口徑 800mm）及松山內湖線（口徑 1000mm）供水。目前亦劃分為兩獨立計量區，希望能在未來藉由原供水分區再精進，使水壓操作得以更精確細緻。

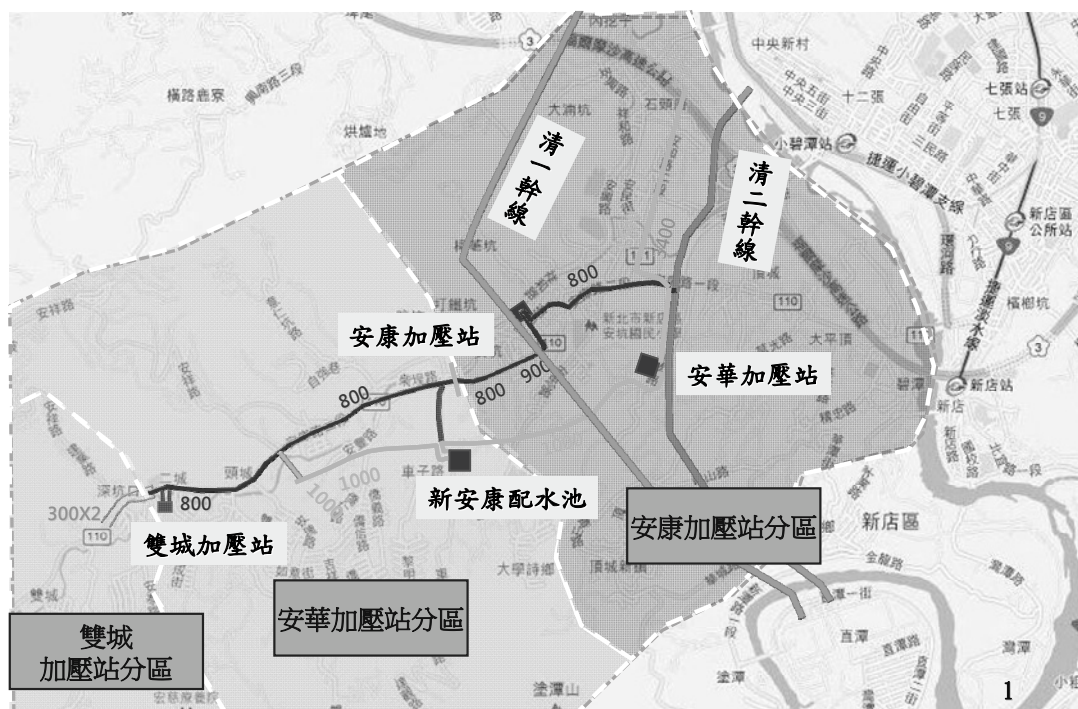


圖 15 利用安華安康線劃分安坑地區供水分區示意圖

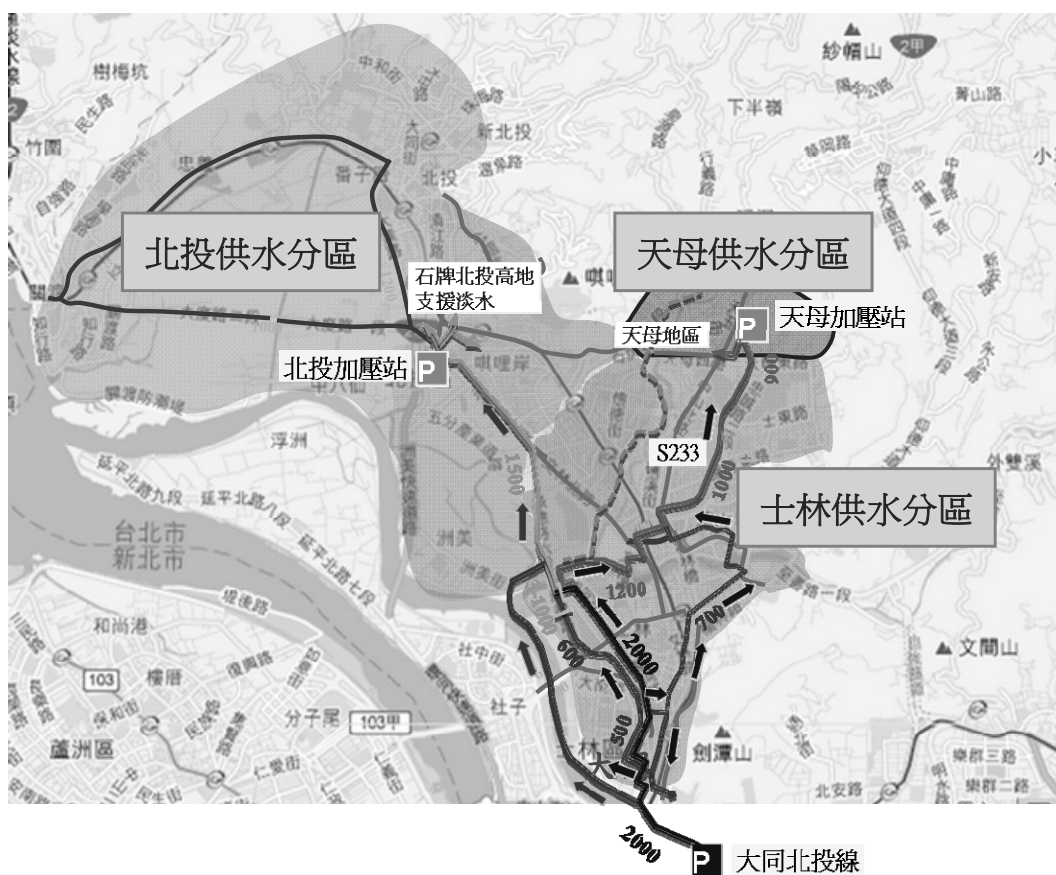


圖 16 關渡線完工後供水分區調整示意圖

(三)長期方案：管網系統化水壓管理

未來全面建置水壓監視點及完成供水分區劃設後，即可逐步建立系統化水壓操作與管理模式，採用方案包括：

1.各區設置電動閥及雙向流量計：

為掌握並精確操控各分區用水及調控水壓，除在進水點設置雙向流量計以便精確計量外，另於各區邊界設置電動閥，平時精確可調控供水外，如遇有火災、水污染等狀況時，可及時透過監控中心緊急調度或調配水量。

2.進水點設置持減壓閥均化供水分區壓力：

自加壓站出水後，為維持輸水幹管水壓，於各獨立供水分區進水點設置持減壓閥，並採用壓力及流量訊號迴授控制裝置之自動控制嚮導閥，精確操控區內水壓及水量，同時滿足各不同供水分區之供水需求（如圖 17）；就如同輸配電配送方式，先以超高電壓輸送至各地配電設備，減壓再送至各用戶端，如此，方能以最節能之方式供水。

3.供水分區監控管理：

各獨立供水分區後，同時應配合建置各區輸配水管網之資訊管理系統（SCADA），隨時掌握供配水系統之水壓、水量、配水池水位及加壓站運轉狀況等資料，便於監控中心操作人員即時獲得資訊，進而靈活調度運轉供水與配水系統，以維持配水系統內最適當壓，如此，除了對各供水分區流量、壓力、水質進行「監」視之外，尚能管「控」，才能將「監控中心」發揮最佳化操作與管理功能。



圖 17 設置持減壓閥均化各供水分區水壓

五、結論

在北水處全面完成老舊管線汰換完成之前，以精緻水壓操作與管理有效降低管網漏水量，確實可收立竿見影之效！然而，就現行北水處管網狀態而言，水壓精緻操作與管理上無法一次到位，故仍須先完成全面水壓監視點建置，以掌控整體管網，再透過獨立供水分區，均化管網水壓，進而達成管網系統化水壓管理之目的，同時滿足用戶用水需求、綠色節能供水，這也是自來水事業未來之企業責任與共同使命。

參考文獻

- 1.Lambert, A, 2001, “What Do We Know about Pressure: Leakage Relationships in Distribution Systems?”, Proceedings of IWA Conference on System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management, 16-18 May 2001.
- 2.Malcolm Farley, Gary Wyeth, Zainuddin Bin Md. Ghazali, Arie Istandar, Sher Singh, 2008, “The Manager’s Non-Revenue Water Handbook.”,

United States Agency for International Development (USAID).

3. Julian Thornton, 2002, "Water Loss Control Manual.", McGraw Hill.

4. 臺北區自來水第五期建設給水工程計畫規劃報告，2002年，臺北自來水事業處工程總隊。

5. R Chalk, Gary Wyeth, 2012, "Delivery of 30 MI/d Leakage Reduction Through Intelligent.", Water Loss 2012, IWA.

6. 王銘博, 李育樟, 2012, 「供水加壓系統節能之最佳化操作及管理」, 中華民國自來水協會季刊, 第31卷第2期。

作者簡介

王銘博先生

現職：臺北自來水事業處供水科長

專長：自來水供水管理、施工管理。

楊境維先生

現職：臺北自來水事業處供水科副工程司

專長：漏水防制管理、自來水管線設計施工。

黃欽稜先生

現職：臺北自來水事業處供水科副工程司

專長：漏水防制管理、數值分析。

本刊 102 年「每期專題」

期別	專題主題名稱	副主題項目	時程
31 卷第 1 期	供水損失控制	漏水檢測、免開挖管線更新技術、管線資產維護管理、供水損失管理實務	2 月
31 卷第 2 期	供水應變	災害應變、供水應變、水源污染與保護、水質監測	5 月
31 卷第 3 期	淨水操作與管理	淨水高級處理、供水系統、廢水處理、消毒技術、過濾等	8 月
31 卷第 4 期	永續利用	綠色水廠、水源保護、環境教育與管理、氣候變遷、水回收再利用	11 月

~歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優~

漏水長期管理的前提－窰井的選用與施工實務探討

文/鄭錦澤、周家榮、李垂勳

摘要

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）由 2006 年開始積極推動「供水管網改善及管理計畫」、降低北水處供水管網漏水率，透過小區計量方法、管線汰換、水壓管理、漏水檢測及修理等手法，第 1 階段計畫由 2006 年執行至 2012 年止，漏水率由 2005 年底的 26.99% 改善至 2012 年底，已大幅降至 19.1%，目前正如火如荼進行第 2 階段。IWA 的漏水控制有 4 大主軸－管線汰換、修漏品質、漏水檢測及水壓管理，而漏水長期管理則是這些工作承先啟後的連結，可保有現在成果並及早發現漏水惡化，也是我們永續經營的重要課題。

以往小區（DMA）漏水改善完成後，對於後續漏水長期追蹤、管理尚須 1 套更有效且經濟的模式，究其原因，除部分地區水壓偏低，無法長時封閉外，最主要還在以往小區計量水表安裝時，因施工空間等因素未安裝標準式窰井，待計量水表電池耗盡、開挖拆回不敷成本，便無法重複執行計量。

據此，北水處自民國 100 年底起依筆者等的「員工創意提案」PDCA 等精進作法，建議採用可行的窰井尺寸及施工方式建議，並將該窰井相關規範納入工程契約執行，至 101 年底止，已安裝約 30 餘只，有利往後漏水管理的長期評估，以提昇整體成效。

其次，在有了窰井，可重複拆、裝計量表之後，我們注意到的是，以每只 200mm 口

徑電磁式小區計量表購置成本約 10 萬元言，若由 DMA 建立、售水率初評、管網施工改善、售水率複評，直至管網改善完成（以北水處而言，售水率須達 90% 界定為改善完成），一般皆要 2~3 年以上，若自始至終皆安裝該只電子表，以北水處約可劃分 900 餘個小區言，電子表的折舊費用是相當可觀的，故我們建議採購較少量的水表，透過較高的周轉率，來降低折舊並降低採購成本，以利資產有效運用。

本文以窰井、伸縮管件等，建立可反覆拆、裝的計量表模組，透過此模組有利於小區內的永久管控，並可朝向遠端監控、及時回傳資訊的長程目標進行，替自來水事業的漏水長期管理找到一個實務可行的基礎。而其發展過程則展現漏水改善所遭遇的困難與我們擇善固執的企圖心，並將其整理提供予本處從業人員知識管理應用。

一、前言

降低漏水率一直為北水處的核心工作，多年來亦投注大量的時間、人力、經費來解決，而「小區計量」就是以往主要應用的評估方法之一，以北水處而言，若透過小區內的管線汰換、漏水修復等手法，將售水率提升至 90% 即算達到目標，此小區塊可解除列管。早期在施作小區計量水表時，皆採用 1 次埋入式，亦即將水表埋入至地下，小區計量售水率達 90% 後便就地廢棄，原因在於以每個計量表含安裝費約 15 萬元來說，與整個區塊的管網改善費用來比（通常在千

萬以上)，相較之下微乎其微，但隨著未來數十年時間過去，完成小區內管線老化、漏水復發，必須要重新開挖、重新埋設計量表，所以這只是制度草創初期階段性的做法。

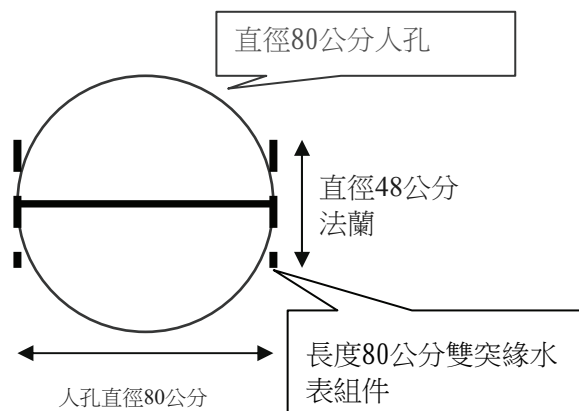
小區計量無法重複執行的關鍵，在於目前小區計量表安裝是 1 次埋入式(計量完即拋棄)，因北市巷道狹小、管線眾多，安裝表即不易，要求埋入標準式窰井、重複換表使用，更有其困難，然若不面對它，終究與管網舊管不抽換一般，有一天舊管會成為我們的施工管障，因此，我們必須提出可能之精進做法與原則。

本文藉由背景說明、窰井型式與尺寸選用、安裝原則探討、窰井安裝現況、漏水長期管理的建議方式等部分，分別說明此案的推行與演進歷程。

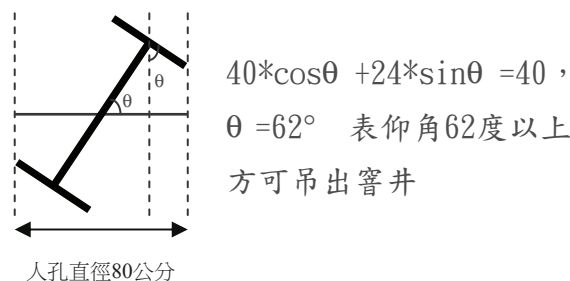
二、背景說明

事實上，北水處在小區計量表安裝時並非未考量窰井的使用，但在以往契約窰井為預鑄 3 片組合式，其寬度為 130 公分、內寬為 100 公分、外部高度為適應配水管深度有 165 公分、195 公分 2 種，窰井圓人孔蓋入口僅 80 公分（供人員在窰井內部作業），此種型式於應用上有以下缺點：

- (1)寬度 130 公分、過大，現場不易施工。
- (2)內部空間高 110 公分或 140 公分，其中 110 公分，人必須極度彎腰來抬水表，較不符合施工便利性。
- (3)窰井圓人孔蓋入口僅 80 公分，300mm 水表組為 80 公分長（附直徑 48 公分之雙突緣），難以直接從直徑 80 公分之圓人孔中直接拉出，須垂直吊出（理論上需仰角 62 度以上方可吊出），如圖 1 所示。



俯視圖A



側視圖B

圖 1 舊有 80 公分窰井人孔與 300mm 水表組吊裝示意圖

三、窰井型式與尺寸的選定

窰井內部淨長度考量：在考量窰井尺寸時，首先要知道最起碼的長度需求為何？針對這一點，我們分析目前北水處較常使用的 200mm 及 300mm ABB 計量水表組，整理結果如表 1。

水表重複拆裝規劃：以北水處採用之 ABB 水表組考量，它包含了計量表本體及用於量測水壓的不鏽鋼雙突緣短管等，透過伸縮管的作用，我們可以輕易的以同口徑雙突緣短管（北水處現有材料）來取代水表組，達成水表重複拆裝的功能（如圖 2）。

表 1 窰井長度建議參考示意表

計量表口徑 (mm)	計量表+不鏽鋼雙突緣短管長 (cm)	現有可取代前項之雙突緣短管長 (cm)	伸縮管伸縮範圍 (cm)	建議裝表時伸縮管長 (cm)	計量表+不鏽鋼雙突緣短管+伸縮管長+墊片 (cm)	建議窰井內部長度 (cm)	調整螺絲方向建議窰井內部最小長度 (cm)
200	65	60	42.5~51.5	43	109.5	130	120
300	80	80	50~60	51	132	150	150

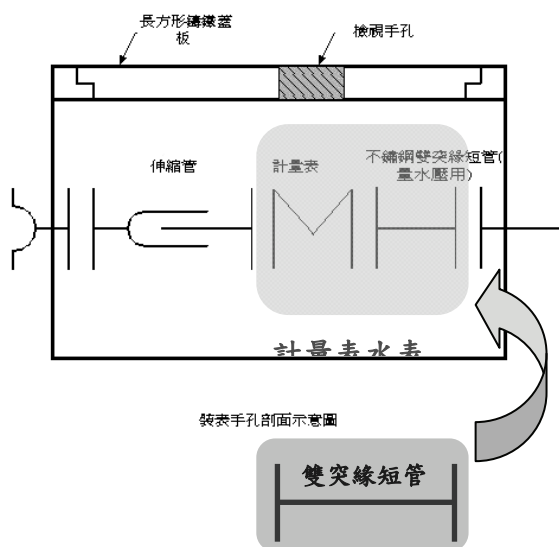


圖 2 窰井內水表重複拆裝方式建議圖

我們知道 200mm 口徑 ABB 水表加不鏽鋼雙突緣短管(量水壓用)加伸縮管總長為 109.5 公分，若使用 7 公分長不鏽鋼螺栓螺牙朝窰井外側安裝，則可將組裝長度控制在 120 公分內，此即為 200mm ABB 計量表窰井內部淨長度之最低需求，而 300mm ABB 水表窰井內部淨長度之最低需求則在 150 公分（長度取到 10 位後無條件進入）。

窰井內部淨寬度評估：經實際測試選定 60 公分內寬的窰井，人員站立其中，尚可留下 30 公分的淨空間，以 200mm 的 DIP 管來說足可施工（如圖 3）；以 300mm 的 DIP 管

來說，則需要 70 公分內寬的窰井（此部份因無市售窰井，特自製一實體框架供比對），如圖 4。

窰井內部淨深度評估：我們假設配水管埋設管頂深為 1.2 公尺，則 200mm、300mm 配水管最低點法蘭處約為地表下 149 公分與 160 公分，若搭配一般窰井鑄鐵蓋，約 13 公分來說，窰井本體內部深度最低約為 140 公分與 152 公分。

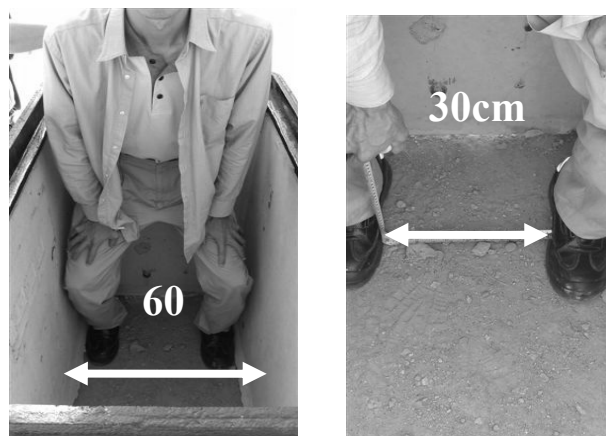


圖 3 窰井內寬 60cm 內部可操作空間示意圖



圖 4 口徑 300mm ABB 水表與 70cm 內寬框架並列照片示意圖

窰井孔蓋型式：建議採全開蓋式，可增加工作空間，非以舊式小型圓形人孔方式（人員需藏於窰井內部以半蹲施工）。

窰井型式與尺寸的選定：透過上述的最

低要求，參酌市售常用的窰井型式，建議 200mm 計量表可參採中華電信手孔大 B 型窰井（如圖 5）、300mm 計量表可參採瓦斯窰井人孔（內部尺寸 LXB：1.5X0.9、外部尺寸 LXB：1.74*1.14，高度可應需求由 158 公分，每個級距 15 或 30 公分之套圈調整高度單位：M），經考量避免管障的施工性及北水處的小區範圍皆不算大，統一選定 200mm 口徑水表與窰井尺寸應足以因應，也可減少管理上的複雜性（另外，大尺寸窰井的重量較重，有時會超過吊卡及挖土機的工作負載也是考量之一），故 300mm 窰井相關圖說便不細列說明，如有特殊考量，可參考前述建議，另案調整辦理。

單位：公尺

手孔 型式	內部尺寸 (長 X 寬 X 高)	外部尺寸 (長 X 寬 X 高)	細部尺寸	
			側壁	底版
大型 B	1.2X0.6X1.4	1.4X0.8X1.55	0.1	0.15

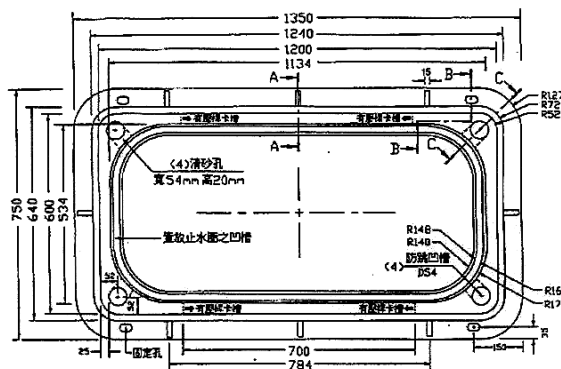


圖 5 中華電信大型 B 手孔(適合 200mm 計量表)

施工注意事項：我們知道，如有太多規範和使用限制，就不算是良好的規範設計，然而，我們限縮窰井長度，是為了兼顧符合市售既有窰井尺寸及增加工易性考量下之可行措施。簡述注意事項如下：

(1)窰井兩側開孔之側壁安裝時不可直接壓於 DIP 管上，以免造成往後接頭漏水。

(2)注意伸縮管調整後長度需如前述表格要求。

(3)螺栓請使用 7 公分螺栓，安裝時螺牙由內朝窰井側壁外安裝，計量表安裝完成，螺牙不可包含於側壁內，以免側壁開孔混凝土澆置封孔時污損、包覆螺栓。

(4)記得計量表需安裝接地線、水壓計孔需垂直朝上。

(5)安裝完後施工照片需包含裝設窰水表組及置換水表組成雙突緣短管照片，以確認往後可順利拆表。

四、窰井安裝原則

窰井埋設方式：可分成 2 種，其 1 為埋設於配水管本線，另 1 為以旁通方式埋設於路邊或人行道上(如圖 6)，其埋設方式取決於拆裝表時其小區內是否容許暫時停水或拆裝表時是否嚴重影響交通或換表操作人員是否有施工上的危險等，選擇方式依個案判定。

窰井安裝原則：其實諸多考量規劃最重要之前提就是能裝設窰井為最高原則，故以下分類供參。

(1)路寬 8 公尺以上且有寬度大於 1.2 公尺人行道之道路：評估劃區、小區進水點選址，儘量選在小區內有大於 1.2 公尺人行道處，以利將表位窰井以道路配水管旁通於人行道上，方便未來水表位之使用與管理，若確因多處管障無法安裝，仍得以窰井方式設於道路上。

(2)路寬 8 公尺以上無人行道之道路：若小區進水點選址在無人行道之道路，配水管於快車道上，仍建議窰井以旁通方式設於消防栓旁的路邊(避免將來臨時停車之干

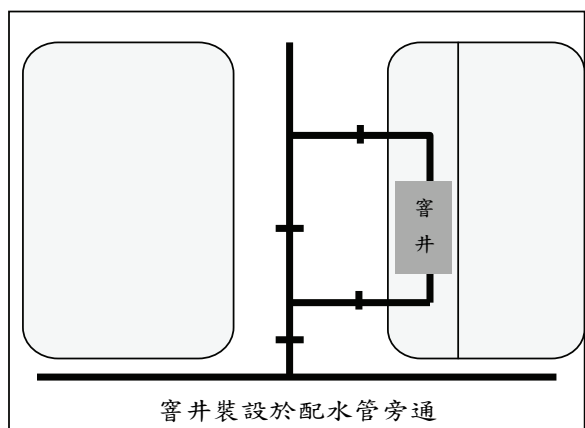
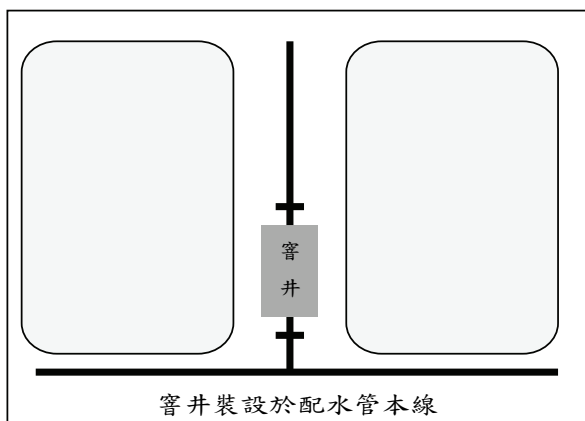


圖 6 窰井埋設方式

擾)；若配水管於路邊，則窰井設於配水管本線靠近消防栓附近，前後加裝開關為原則。

- (3)路寬 8 公尺以下無人行道道路：窰井設於配水管本線近消防栓附近，前後加裝開關為原則，但若無其他進水點巷弄可臨時供水，仍須以旁通方式裝設窰井。

雖然有了上述建議，然在實務上，要求施工人員在管障重重的情形下，將管線穿越水溝並在人行道上建立窰井，並不容易，故目前的施工案例上，皆在道路上埋設，但若仍能埋設於人行道，仍以埋設於人行道為最佳，以確保往後施工人員的安全。

窰井安裝完成案例照片：我們以臺北市延壽街 330 巷窰井照片為例，如圖 7。



窰井內水表組組裝完成



窰井內水表組換裝為雙突緣短管

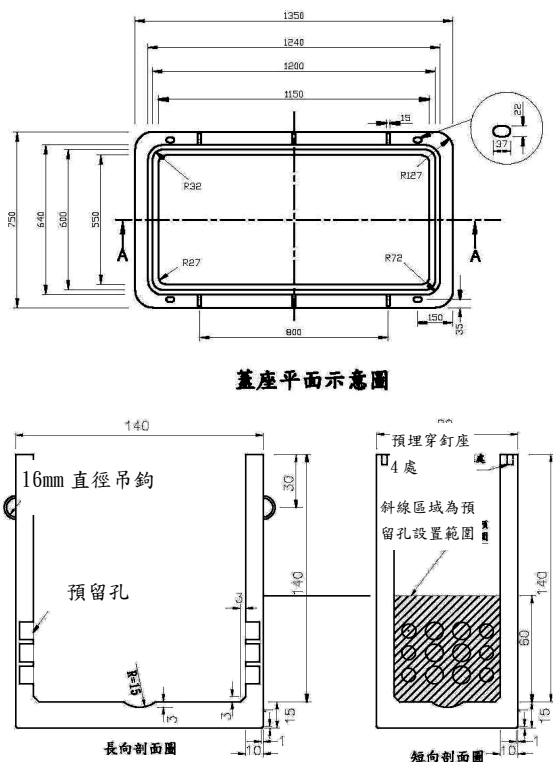
圖 7 窰井-200mm 計量表組及雙突緣短管可置換施工程序示意圖

五、窰井安裝現況

窰井標準尺寸及材料驗收規範建立並納入契約規範：我們對中華電信手孔圖說，作部分修正，訂定相關材料規範，部分圖面如圖 8 所示。

窰井安裝現況：我們由 101 年第 2 季開始小區流量計暨窰井安裝，至 101 年底已安裝 30 餘處，部分安裝地點如表 2 (其確定門牌不便詳列)，就窰井安裝實務上來說，已大幅改善先前施工現場人員因現場管障過多，無法安裝窰井的情形，部分窰井雖有管障無法施作，亦可透過改管等措施修正窰井安裝位置。可見，此適度修正的窰井型式與

尺寸有助於現場施工之方便性，更有助於小區之長期監控，而其尺寸之選定方法亦提供諸位工程先進參考。



蓋座平面示意圖

圖 8 北水處小區流量計部分窰井圖說

表 2 101 年小區流量計手孔安裝地點(僅部分)

序號	地址(略)
1	至善路 1 段
2	承德路 4 段 2 巷
3	承德路 4 段
4	基河路
5	承德路 4 段 292 巷
6	大南路
7	福港街 149 巷
8	中央北路 2 段
:	:

六、漏水長期管理建議

理想的供水幹管是如葡萄串般串起每個小區(葡萄)，而每個小區皆可長時封閉、獨立供水，這樣就易於長期管理，惟在北水

處供水轄區建設初期，因快速發展，往往是用戶沒水便埋新管，導致目前各小區難以獨立供水。但窰井表位建立後，仍可供小區長期複評基礎找到一絲可循的脈絡，茲對漏水長期管理作如下建議：

小區(DMA)未能長期封閉前-採人工下載：需 4 個人，每日於既有窰井裝計量表(拆下雙突緣短管)，操作開關、封閉小區，7 天後(用戶用水習性的一個週期)下載小區計量表資料、辦理複評(以 DMA 轄區內用戶電腦歷史抄表資料平均用水量計算，不實際抄表)，並拆表、解除小區封閉。假設水處小區畫設 900 區，每日複評 2 區，以每年 250 工作天，可複評 500 區，則平均 1.8 年可複評 1 個循環。

小區(DMA)可長時封閉後-採遙讀傳送或人工下載：因小區可長時封閉，不必再耗費人力啟閉小區邊界開關，採用遙讀傳送可隨時辦理小區漏水評估，並可隨時監測突增用水(可能漏水)，採取即時回應處理，減少漏水量；但若考量小區計量表折舊成本，則仍可保持彈性以人工下載資料。

七、結論與建議

早期，我們雖然知道施作窰井的重要，不過，因為遷就現場施工條件，有時難以配合埋設。隨著北水處管網汰換的紮實進行，我們愈來愈體會到在地下管線眾多的台北都會區，要抽換舊管與埋管已屬不易，更遑論要埋設窰井來安裝計量表，所以身為管網汰換第一線的執行人員，初步提出這個建議時，總會承受些許壓力，不過隨著主政者的遠見與企圖及我們設身處地的發展最小可能的窰井尺寸，終獲得第一線同仁的諒解與支持，在 101 年第一年的施作，已有相當的

成績。

這讓我們聯想起北水處的管網汰換歷程，早期，我們的管網工程施工的原則，前提就是「有不明管就接」，要求不可讓民眾無水，但隨著觀念的成長，我們的原則改為改善漏水「有不明管就斷」，那代表著長官與我們必須承受民眾無水的壓力朝向資源有效利用的背景，去做對的事，所以這些年來，對於漏水改善，我們有著長足的進步。

很多決策在歷史的發展上並沒有所謂對或錯，有時只是一種演進的必然，就像當初小區漏水改善尚未見成熟之時，若一味強求要安裝窰井且沒有適當尺寸，可能會遭遇更大的阻力，讓小區漏水改善的目標失焦了。就像稍早所說的，如果一個工法有太多的規範，它就不是好規範，但當規範已經成為習慣了，我們便可以朝向未來精益求精的方向去做，而現在我們所要發展的就是漏水長期管理的技術。

有關漏水長期管理技術，簡單的就是說，要建立起可長時封閉的葡萄串，每個葡萄表示獨立的供水分區，我們在每串葡萄的枝幹上加大水壓以傳送到葡萄串末梢，而在每個葡萄梗控制水壓、水量，讓每顆葡萄均壓，而均壓不致過大，這就是我們要發展的漏水管理藍圖。目前北水處已從大區劃分開始，接著便需要以學理、經驗甚至試誤去確認葡萄枝幹的走向與分配，並要配合可能調整輸配水幹管的口徑，待輸配水幹管選定後，我們便會發現，每個葡萄梗非與現今窰井位置一致，這也就是所謂演進的必然，沒有對錯。

當然，我們必須儘早規劃出葡萄串藍圖，來避免窰井的位置錯誤，但小區裝設窰

井、計量表、初評、進而選定漏水嚴重區域先行改善則同樣重要，況且窰井的安裝工料費，透過計量表提高週轉率，整體而言仍會比水表一次埋入節約許多。

要能夠讓窰井搭配計量表有效發揮其長久功能，安裝時仍須注意其相關注意事項，這是現階段發展初期所必須注意的事，我想透過本文傳達當初我們思考窰井規劃的理念與注意細節，這是現場施工的師傅所容易忽略的，留下足跡、以利傳承。

參考文獻

- 1.中華電信手孔圖說。
- 2.臺北自來水事業處小區流量計手孔圖說。
- 3.臺北自來水事業處102年第1次NRW研討會簡報資料。
- 4.鄭錦澤，2006，參加「國際水協會第五屆世界水大會」—「談水危機管理、漏水改善及市場經濟」，95年11月中華民國自來水協會會刊。
- 5.鄭錦澤，2003，「臺北區供水系統暨管網健全改善之研究」，民國92年12月台北市政府。
- 6.鄭錦澤，1994，「分區計量與漏水率探討」，民國83年6月台北市政府。

作者簡介

鄭錦澤先生

現職：臺北自來水事業處技術科科长

專長：供水調度及管理、淨水處理、技術研發、工程規劃與管理

周家榮先生

現職：臺北自來水事業處技術科研發股幫工程司

專長：技術研發、管網工程、土木工程

李垂勳先生

現職：臺北自來水事業處東區分處修漏股幫工程司

專長：修漏工程、管網工程、土木工程

迴歸分析法評估北水處節約用水政策效果

文/林河山、林燕慧

一、前言

臺灣地區平均年雨量約為 2,510 公釐，為世界平均年雨量的 2.6 倍，但因時間與空間分布皆不均勻，導致季節性之乾旱缺水經常發生，另降雨強度大，而河川坡陡流急四分之三以上雨量直流入海，且每人每年可分配之雨量僅為世界平均值之六分之一，被評列為世界第 18 位缺水國。惟以臺北地區為例，目前水價平均每度不到 10 元，與各國相比相對低廉，依 IWA 2007 年調查，臺北水費第二低廉，用水量第二高，低廉的水價導致民眾節約用水的觀念無法落實，成為臺灣水資源永續發展的隱憂。臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）雖屬一財務需自給自足之公營事業單位，但站在國家資源永續利用的角度，除了售水外，推動節約用水善盡社會責任，長期以來亦為北水處重要的政策之一。

自 90 年代初期起北水處即長期推動節約用水，早期的策略多偏重於教育推廣方式，96 年起為執行臺北市政府市政白皮書「省水家戶化」重要政策，北水處開始走入用戶家中，推出全國首創之「節水墊片組」全面發送措施，發送對象為北水處供水轄區一般家庭用戶，共約 130 萬戶，共計分三階段發放，發放的時間分別為 96 年 9 月、97 年 12 月及 98 年 10 月，分別佔家庭用水用戶數 20%、30%及 50%，其用水總量分別佔轄區總家庭用水量之 46.9%、32.3%及 20.8%。

依據北水處統計歷年每人每日家庭用水量已由 96 年 263 公升降至 100 年 223 公

升，共計降低 40 公升，此一結果是否可部分歸因於發放節水墊片，其實並無法單就數字上來證明，實因影響用水量因素眾多，可能有氣候、經濟、政策等因素，故本研究主要目的即在透過統計方法的分析，確立影響家庭用水可能的變因，進行政策效果的評估，亦可用來作為未來推動節約用水政策上的參考。

二、模型

本文主要採用的方法為在統計分析中，最常使用也最簡便的迴歸分析法（Regression Analysis Method），惟因迴歸分析相關推估方法於各類統計專書皆有提及，本文不再加以贅述，以下僅針對模型架構進行介紹。迴歸分析法主要是研究應變數及自變數的關聯性^[1]，主要推估方法為最小殘差平方和，其函數關聯如下：

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

其中 Y 為應變數， x_k 為第 k 類之自變數
上式最小平方法之實證模型可以下式表示

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 X_{i1} + \alpha_2 X_{i2} + \dots + \alpha_k X_{ik} + e_i \\ i = 1 \sim n$$

其中 y_i 表第 i 個觀察值

α_0 表截距項亦可稱為常數項

α_j 為第 j 個自變數之迴歸係數

X_{ij} 為第 j 類別自變數之第 i 個觀察值

e_i 為誤差項

迴歸係數所求得之值，可用來說明該類自變數對應變數影響的分量大小，若為負值表示其影響為負向，反之亦然。同時其數值

可說明若在其他類自變數均不變的情形下，該自變數對應變數所產生之影響程度。

採用迴歸分析法運用於實證資料上時，其主要困難點多在於自變數種類之選取，為此，本研究採用實務上常用之逐步分析法（Stepwise）進行自變數之選取，逐步分析法是指所有的自變數並非同時被選取，而是依據解釋力的大小，逐步地檢視每一個自變數的影響，重複計算各自變數對應變數的貢獻，並依貢獻大小納入或去除，直到方程式內之變數皆符合篩選標準為止^[2]。

三、本研究使用之資料

本研究之主要目的在於評估北水處發放節水墊片對於每人每日家庭用水量所產生之影響，故使用的應變數為北水處之每人每日家庭用水量，單位為公升，分析資料期距為 91 年到 101 年 5 月之每月統計資料，其資料如圖 1 所示。由圖中明顯可見北水處供水轄區內每人每日家庭用水量，自 96 年起即有逐年下降的趨勢，為研判此一趨勢之原因為何，是否因氣候抑或是經濟情勢等因素，還是因本處發放節水墊片所導致，亦或是可能由其他無法量化之因子所影響，故本研究共計採用氣候、經濟情勢、政策因子與時間趨勢等四大類別之自變數做為因子分析使用，同時為統一資料頻率，所有資料均採用月平均資料，其統計特性分述於表 1 及 2，依類別分述如下：

(一)氣候因子：本研究採用之氣候因子分別為月平均氣溫（以下簡稱氣溫）、月平均相對溼度（相對溼度）、月總降雨量（以下簡稱雨量）及月總降雨天數（以下簡

稱降雨天數）。

(二)經濟情勢：本研究採用之經濟情勢因子為平均每人每月可支配實質所得（以下簡稱所得），其所得計算係採 95 年價格計算，亦即已將物價波動計算於其中，採用所得可較為精確反應經濟情勢，經濟情勢越佳國民所得將有正面提升。

(三)政策因子：政策因子的納入為本研究主要目的之所在，即是將北水處發放節水墊片的政策因子導入模型分析，此變數為已發放節水墊片家庭用戶之用水量總和佔轄區家庭用水量總和之比例（以下簡稱墊片發放比例），用來偵測其對於每人每日家庭用水量序列的影響。藉由迴歸係數的值，可確立政策因子對於每人每日家庭用水量的影響，是否有顯著的影響及其程度。北水處自 96 年 9 月起分三年發放，每年以一個月的時間進行發放，其每年發放之用水比例佔轄區家庭用水比例，第一年(96 年)發放之用戶用水量占總家庭水比例為 46.88%，第二年(97 年)發放之用戶用水量比例占轄區總家庭用水累計共占有 79.2%（含 96 年發放之用戶），因北水處採家庭用水全部發放之方式辦理，故第三年之比例達 100%，故此一變數為一種跳躍變數，如圖 2 所示。

(四)時間趨勢：此變數為一虛擬變數，以 91 年 1 月設 $t=1$ ，逐月增加 1，本研究樣本數為 125，故至 101 年 5 月， $t=125$ 。此變數主要係用於捕捉無法由量化描述之變量，可能為用戶用水觀念改變或宣導等因素所造成，故透過此一變數的模型係數計算序列之長期趨勢。

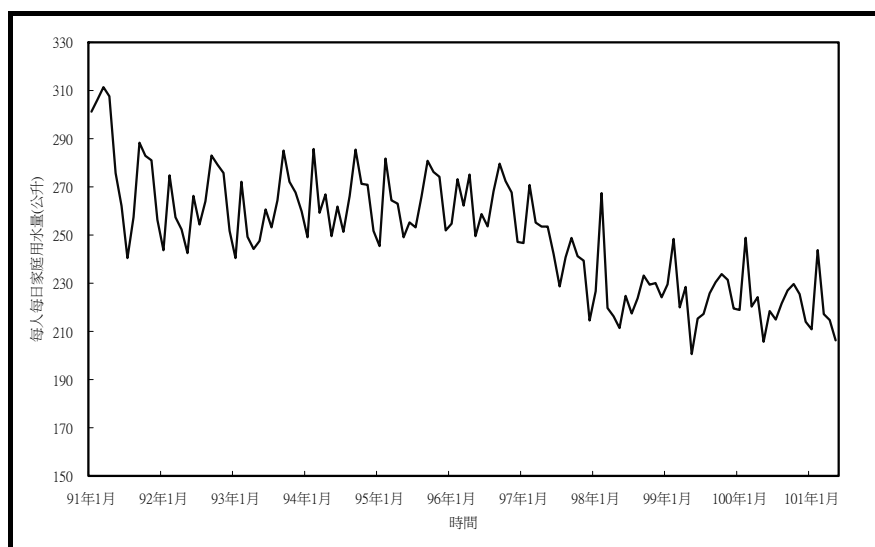


圖 1 臺北自來水事業處轄區每人每日家庭用水量曲線圖（資料期間 91.1-101.5）

表 1 各變數之特性說明

變數	週期	變數類別	說明	因子代號
每人每日家庭用水量	月	用水	單位：公升，資料來源：臺北自來水事業處及本研究自行整理	dom_use
月平均氣溫	月	氣候	單位：℃，資料來源：中央氣象局	avetemp
月平均相對溼度	月	氣候	單位：%，資料來源：中央氣象局	rh
月總降雨量	月	氣候	單位：mm，資料來源：中央氣象局	rainfall
月總降雨天數	月	氣候	單位：天，資料來源：中央氣象局	rainydays
平均每人每月可支配實質所得	季	經濟	單位：仟元，係採 95 年價格計算，本研究轉換為月資料，資料來源：行政院主計總處。	NI
已發放節水墊片家庭用戶之用水量總和佔轄區家庭用水量總和之比例	月	政策	單位：%。	ratiocon
時間趨勢	月	趨勢	不連續變數，每月逐步增加 1。	t

表 2 各變數之敘述統計量

變數	樣本數	平均值	標準差	最小值	最大值
每人每日家庭用水量	125	249.97	24.12	200.61	311.38
月平均氣溫	125	23.21	4.89	13.7	30.8
月平均相對溼度	125	75.53	3.98	65	87
月總降雨量	125	187.26	156.56	1.7	957.1
月總降雨天數	125	13.43	4.28	3	25
平均每人每月可支配實質所得	125	39.08	2.74	32.90	44.92
已發放節水墊片家庭用戶之用水量佔轄區總家庭用水量之比例	125	24.22	29.15	0	67.166

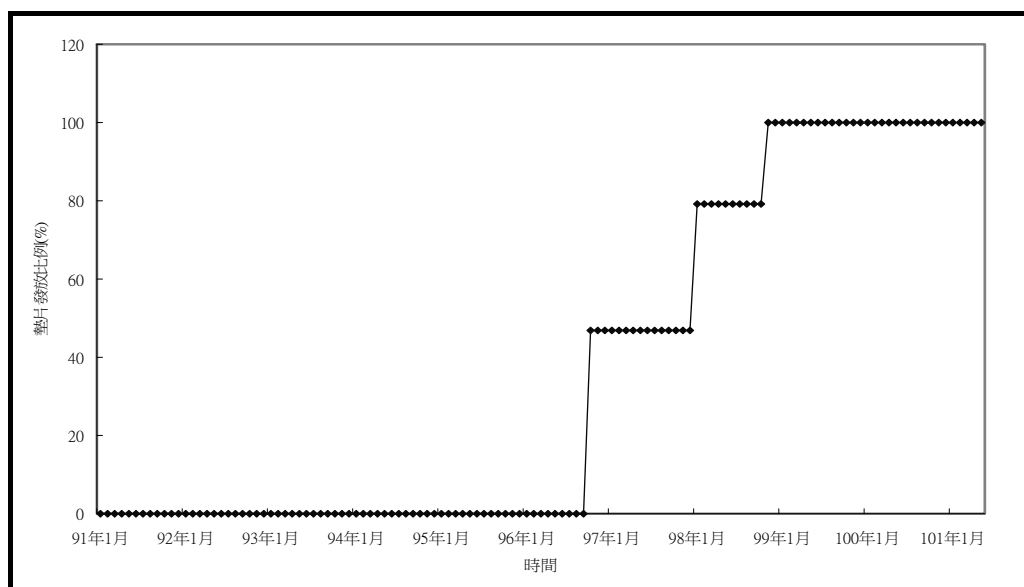


圖 2 已發放節水墊片家庭用戶之總用水量佔轄區家庭總用水量之比例

四、結果與討論

(一)結果

模型計算之初，係將上節所提各類自變數均納入模型計算，經過逐步法分析，全部變數中共可挑選出 3 個自變數達顯著水準，分別為相對溼度、時間趨勢及墊片發放比例，詳如表 3，其實證模型如下：

$$domuse_use_t = 216.71 - 0.28ratiocon_t + 0.74rh_t - 0.2_t + e_t$$

除上述 3 項外其餘變數均未達顯著水準，以下針對 3 種顯著因子分析如下：

表 3 模型結果

類別	模型係數	標準差	T 值	P 值	檢定結果
相對溼度	0.74	0.33	2.28	0.024	顯著
時間趨勢	-0.20	0.082	-2.42	0.017	顯著
墊片發放比例	-0.28	0.068	-4.19	0	顯著

1.相對溼度：本研究雖採用氣溫、相對溼度、

雨量及降雨天數等 4 類氣候指標作為影響因子，經分析僅得相對溼度為顯著因子，一般而言相對濕度越高，人體將越感到不適，相對溼度越高對於氣溫變化的感受將越明顯，在炎熱的天氣之下，高的相對濕度會讓人感到更熱，可推論用水需求將越高，若單依模型係數計算，在其它因素不變之情形下，相對溼度每增加 1%，每人每日家庭用水量將增加 0.74 公升。

2.時間趨勢：本研究模型推估結果資料期間用水資料序列存在一逐月下降趨勢，大約每月每人每日家庭用水量可降低 0.2 公升，此部份可解釋有一無法透過量化計算之變數影響，導致序列具有下降趨勢，可能為節能減碳觀念落實或教育宣導發揮功能等因素所導致。

3.墊片發放比例：北水處分三階段發放節水墊片，發放時間分別為 96 年 9 月、97 年 12 月及 98 年 10 月，分別占轄區總家庭用水量之累積百分比為 46.9%、79.2% 及 100%，若以模型計算結果，每增加 1%發

放比例，將減少約 0.28 公升之每人每日家庭用水量，故依北水處發放之比例計算，總計大約可減少 28 公升之每人每日家庭用水量，此可確認發放節水墊片為本處 97-99 年間每人每日家庭用水量大幅下降之主要原因，此一幅度大於時間趨勢甚多，又因臺灣氣候變異不大，故墊片發放比例之影響因素應佔用水變化因素之極大比例。

(二)討論

- 1.由模型推估過程中，所得之因子並不顯著，恐係因水價的低廉又因生活水準日益提高，導致不論所得如何變動，並不會因所得些許之變化而導致用水習慣的改變，導致用水量受經濟情勢影響並不顯著。
- 2.氣候因子中的相對溼度較其餘因子更將影響民眾生活的舒適度，更表示民眾用水仍以本身生理感受為主要用水影響因子，以往大多認為夏季用水較高主要係因氣溫因素，但透過此一研究，或可證明相對濕度亦為用水因子之一。
- 3.協助民眾自然養成省水習慣，仍為現行節約用水政策推動之最有效方法，以本研究獲得之結果，可確認發放節水墊片確可顯著降低家庭用水量，如前面所述，大臺北地區因普遍所得及生活水準較高，用水量主要仍受習慣及生理感受的影響，故透過節水墊片的裝置，可使用戶於用水時自然受到限制但舒適性不變，不需改變本來的用水習慣，故其功效卓著，例如以往宣導的內容，皆希望民眾透過改變使用習慣來節水，通常難以落實且效用有限，但透過節水墊片的裝置，會達到讓用戶在不知不

覺中省水，故對於降低家庭用水量有極大的助益。

五、結論

用水方式主要仍取決於用戶的習慣及需求，提供節水器材等於可在無形中改變用戶用水習慣，所以可以有效達成節水的效果，若再輔以水價調整，造成民眾有更高的意願使用或自行購買其他種類之節水器材，將更能達到節約用水的功效。

經過初步的驗證，發放節水墊片對於推動節約用水確有達到其預期之政策效果。

參考文獻

- 1.劉彩卿、陳欽賢，STATA基礎操作與統計模型應用，臺北，雙葉書廊有限公司，2012年4月。
- 2.林震岩，多變量分析SPSS 的操作與應用，智勝出版品，2006年。
- 3.臺北自來水事業處，臺北自來水事業處統計年報，101年5月。

作者簡介

林河山先生

現職：臺北自來水事業處東區營業分處副工程司
專長：自來水工程規劃、統計分析

林燕慧小姐

現職：臺北自來水事業處企劃科副企劃司
專長：企業管理、績效管制

自來水供水流速流量對微生物在管線形成生物膜潛能之研究

文/許國樑

一、緒論

自來水主要處理程序先把大量的原水導入蓄水池，經沈澱池、過濾池，再送入配水池加氯消毒，檢驗合格後，才能以配水管網送至用戶家裡；而自來水進入配水管線時，為預防引起細菌性的污染，所以加入用藥量比實際需要量略多，以保持殺菌力，因此自來水中有保持少量的自由有效餘氯。

依飲用水水質標準規定^[1]，自來水中自由有效餘氯應保持在 0.2~1.0 mg/L、大腸桿菌群 < 6 CFU/100ml 及總菌落數 < 100 CFU/ml 為合格，加氯消毒殺菌並非完全滅菌，供水管線表面提供細菌聚集界面，易引發飲水健康風險問題導致病媒滋生，為防止生物膜形成，每日使用自來水量需採用適宜的流速及流量，以確保自來水新鮮及安全。

有些用戶每日使用手壓龍頭飲水台直接供水飲用，手壓龍頭減壓成原水壓約 1/3，導致自來水流速低且飲用量少，易在管線形成生物膜導致水中總菌落數檢測值偏高，發生水質不合格情形，探究其可能的原因為配水管線表面生物膜形成，產生細菌再生長之現象引起水質的惡化，如何防止有待進一步探討改善，使供水水質符合飲用水水質標準。

二、文獻回顧

(一)生物膜生成原因及對水質的影響^[2]

在自然水體中，生物膜的形成是常見的現象，生物膜的微生物會造成水質惡化，且會讓水的氣味變差，或有致病的危險，生物

膜可以保護微生物抵抗消毒劑，並造成管材的腐蝕，大部份的水處理系統中，微生物的累積與生物膜的生成是有許多因素，例如：水溫、氯濃度、有機物質和水力狀態等因素，是常發生在飲用水中的生物膜及再生長影響的重要因素。

配水系統中生物膜的形成，常會造成一些臭味及色度等問題，其產生的影響引發致病菌的繁殖，生物膜作為細菌之庇護場所，導致潛在致病菌的存活和生長，易造成公共健康的危害。

(二)配水系統生物膜生長現象^[3]

配水系統中因發生再生長現象，導致微生物的生長繁殖，且微生物易於附著在固體的表面上，來增加攝取微量營養鹽的機會，特別是在寡養性的環境中，物質容易濃縮在固液的交界面上，微生物附著於管壁上，並開始分裂生殖，再加上外來物質進入而使生物膜形成，其過程可分為下列五個步驟：

- 1.形成一個適宜的表面薄膜。
- 2.有機物質開始在管壁上傳輸。
- 3.大量微生物開始附著。
- 4.生物膜結構形成。
- 5.因水流造成生物膜脫落。

一般生物膜的結構複雜且具有多孔性，有些微生物分泌產生細胞外多醣體聚合物質(extracellular polymeric substances, EPS)，會與水體交錯形成佔總生物膜 40%-60%的細胞間質，而使細菌陷入其中，細胞外多醣體聚合物質幫助微生物黏附於管線表面或儲水塔的內壁。

三、結果與討論

(一)花蓮轄區供水水質及自由有效餘氯隨時間衰減速率評估

花蓮市、吉安鄉、新城鄉、秀林鄉等地區民生及工業用水屬砂婆礑淨水場，該淨水場位於秀林鄉設計出水量 66,000CMD，供水人數 152,000 人，取用砂婆礑溪上游南溪及北溪支流之地面水，經快混、膠凝、沉澱、快濾及消毒後，以重力流方式供水。

砂婆礑淨水場清水池供水餘氯設定值 0.45 mg/L，距離約 5 公里為檢驗室實驗採樣地點，由自來水系統水龍頭水壓 $2.1\text{kg} / \text{cm}^2$ 採樣，檢驗大腸桿菌群、總菌落數及自由有效餘氯等數值如表 1，由表 1 得知砂婆礑淨水場供水水質符合飲用水水質標準。

自由有效餘氯隨及水中總菌落數隨時間變化趨勢，採用 1000ml 血清瓶高壓滅菌釜保持溫度 121°C 及 15 分鐘完成滅菌，在檢驗室採砂婆礑系統自來水水樣，經歷 11 日自由有效餘氯及水中總菌落數每日檢測結果如表 2、圖 1 及圖 2。

表 1 砂婆礑淨水場供水水質檢驗結果表

項目	自由有效餘氯 (mg / L)	水中總菌落數 (CFU / ml)	大腸桿菌群 (CFU / 100ml)
砂婆礑淨水場	0.35	3	<1
飲用水水質標準	0.20~1.0	100	6
供水水質	符合飲用水水質標準		

表 2 自來水經歷 11 日自由有效餘氯及水中總菌落數檢驗結果表

時間 (日)	自由有效餘氯 (mg / L)	水中總菌落數(CFU / ml)
0	0.35	3
1	0.25	
2	0.17	
3	0.10	5
4	0.07	
5	ND	9
6	ND	
7	ND	19
8	ND	
9	ND	
10	ND	31
11	ND	139

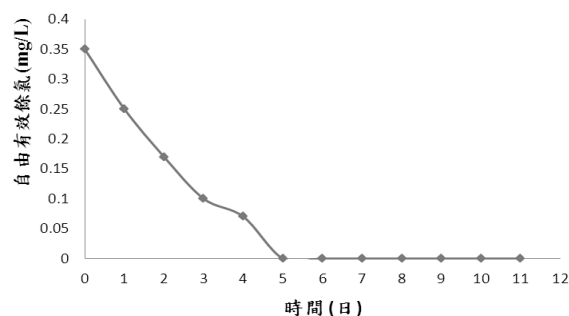


圖 1 自來水經歷 11 日自由有效餘氯每日檢測結果趨勢圖

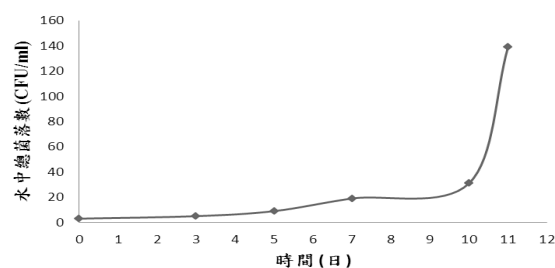


圖 2 自來水經歷 11 日水中總菌落數每日檢測結果趨勢圖



由表 2 得知，自來水 0.35 mg / L 自由有效餘氯隨時間衰減速率如未受陽光、溫度及污染等原因影響，平均每日隨時間衰減速率約為 0.09mg / L，儲存 4 日自由有效餘氯衰減至未檢出(ND)，水中開始有總菌落數繁殖，如一併考量陽光、溫度及污染等影響因子，建議用戶使用水塔儲水以不超過 3 日並以每日水量循環 1 次為最佳使用方式。

(二)不同供水流速大腸桿菌群及總菌落數生

物膜形成潛能評估

自來水系統使用聚氯乙烯材質為供水管，上述供水方式，在檢驗室新設自來水聚氯乙烯管供水管線 16mm * 5.2m 水龍頭 2 組，水龍頭水壓 2.1kg / cm²，新設後不使用自來水讓管線形成生物膜，再以不同供水流速及流量連續排水評估對生物膜去除效果，檢測結果如表 3、圖 4 及圖 5。

表 3 新設 2 組不同供水流速及流量連續排水對生物膜去除效果檢測結果表

組別	水龍頭	流速 (L / min)	經歷時間 (min)	累積流量(L)	水中總菌落數 (CFU / ml)	大腸桿菌群 (CFU / 100ml)
1	全開度 (大流)	15	0	0	TNTC	<1
			0.5	7.5	TNTC	<1
			1	15	TNTC	<1
			2	30	TNTC	<1
			4	60	3.3 * 10 ²	<1
			8	120	1.7 * 10 ²	<1
			12	180	1.3 * 10 ²	<1
			15	225	1.0 * 10 ²	<1
			20	300	62	<1
			30	450	30	<1
			60	900	14	<1
			90	1350	8	<1
2	1 / 4 開度 (小流)	7.5	0	0	TNTC	<1
			0.5	3.75	TNTC	<1
			1	7.5	TNTC	<1
			2	15	TNTC	<1
			4	30	4.2 * 10 ²	<1
			8	60	3.6 * 10 ²	<1
			12	90	2.9 * 10 ²	<1
			15	112.5	2.3 * 10 ²	<1
			20	150	2.0 * 10 ²	<1
			30	225	1.5 * 10 ²	<1
			60	450	1.3 * 10 ²	<1
			90	675	1.2 * 10 ²	<1
			180	1350	37	<1

備註：配水餘氯 0.35 mg / L，水中總菌落數 3 CFU / ml，大腸桿菌群 <1 CFU / 100ml。

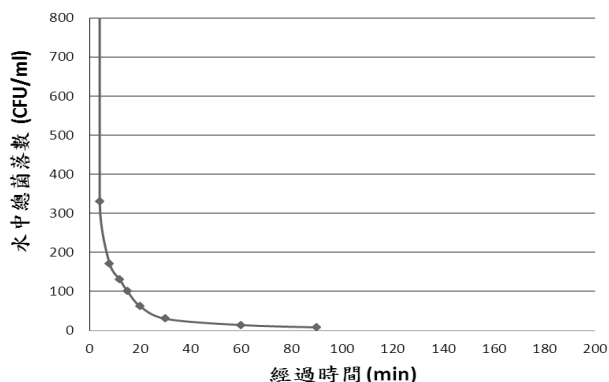


圖 3 水龍頭全開度大流(流速 15L/min)管線生物膜總菌落數隨時間減少趨勢圖

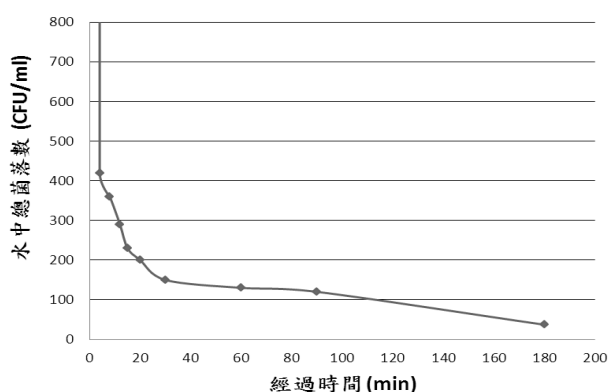


圖 4 水龍頭 1/4 開度小流(流速 7.5L/min)管線生物膜總菌落數隨時間減少趨勢圖

由表 3、圖 4 及圖 5 得知，組別 1 水龍頭全開度大流(15 L/min)，由 8 min 水中總菌落數 1.7×10^2 CFU/ml 至 30 min 水中總菌落數降至 30 CFU/ml 時間經歷 22 min；另

組別 2 水龍頭 1/4 開度小流(7.5 L/min)，由 30 min 水中總菌落數 1.5×10^2 CFU/ml 至 180 min 水中總菌落數降至 37 CFU/ml 時間經歷 150 min，比對上述 2 組結果，同樣去除水中總菌落數量，全開度大流(15 L/min)連續排水比 1/4 開度小流(7.5 L/min)經歷時間少 128 min 效果比較好。

花蓮轄區砂婆礑淨水場供水水質大腸桿菌群 < 1 CFU/100ml，在新設 2 組不同供水流速及流量連續排水，經歷不同時間採樣檢驗結果大腸桿菌群依然 < 1 CFU/100ml，因此可以得知水中總菌落數為自來水供水管線生物膜形成評估主要檢項。

(三)不同流速及流量對生物膜抑制最佳效果評估

再新設供水管線 16mm*5.2m 水龍頭 4 組，新設後不使用自來水讓管線形成生物膜，參照上節去除水中總菌落數量全開度大流連續排水比 1/4 開度小流效果比較好結果，先以水龍頭大流定量連續排水 60min 去除管線生物膜後，再採用不同流速及流量每日定量連續排水評估對水中總菌落數影響如表 4 及圖 5。

表 4 4 組不同流速及流量每日定量連續排水對水中總菌落數影響檢測結果表

組別		1	2	3	4
每日水龍頭流速 (L/min)		小流 7.5 L/min		大流 15 L/min	
經歷時間 (min)		4	8	4	8
總菌落數 (CFU/ml)	定量連續排水第 1 日	58	53	61	20
	定量連續排水第 2 日	1.5×10^2	1.2×10^2	86	23
	定量連續排水第 3 日	2.2×10^2	1.4×10^2	30	14
	定量連續排水第 4 日	1.2×10^2	2.3×10^2	1.5×10^2	35

備註：配水餘氯 0.35 mg/L，水中總菌落數 3 CFU/ml，大腸桿菌群 < 1 CFU/100ml



由表 4 及圖 5 得知，水龍頭全開大流(15L / min) 每日定量連續排水對水中總菌落數去除效果比小流(7.5 L / min)好，試驗結果自來水每日全開度大流(15L / min) 定量連續排水 8 分鐘使用量合計 120L，排水 4 日每日水中總菌落數均 < 100 CFU / ml 符合飲用水水質標準效果最好。

上述條件應用於本處轄區飲水台用戶，飲水台設置三通管水龍頭再接上手壓龍頭直接供水，每日派專人由三通管水龍頭全開度大流連續排水 8 min 以上，直接供水採樣檢驗符合飲用水水質標準可以得到驗證。

四、結論

本研究對於自來水供水流速流量對微生物形成生物膜潛能原因予以探討，評估每日最佳流速及流量建議供用戶參考，可改善飲用水安全並提昇淨水操作人員專業智能，研究結論如下：

(一)砂婆礫淨水場清水池供水餘氯設定值 0.45 mg/L，距離約 5 公里為檢驗室實驗採樣地點，由自來水系統水龍頭水壓 2.1kg / cm² 採樣，檢驗大腸桿菌群、總菌落數及自由有效餘氯等數值供水水質符合飲用水水質標準。

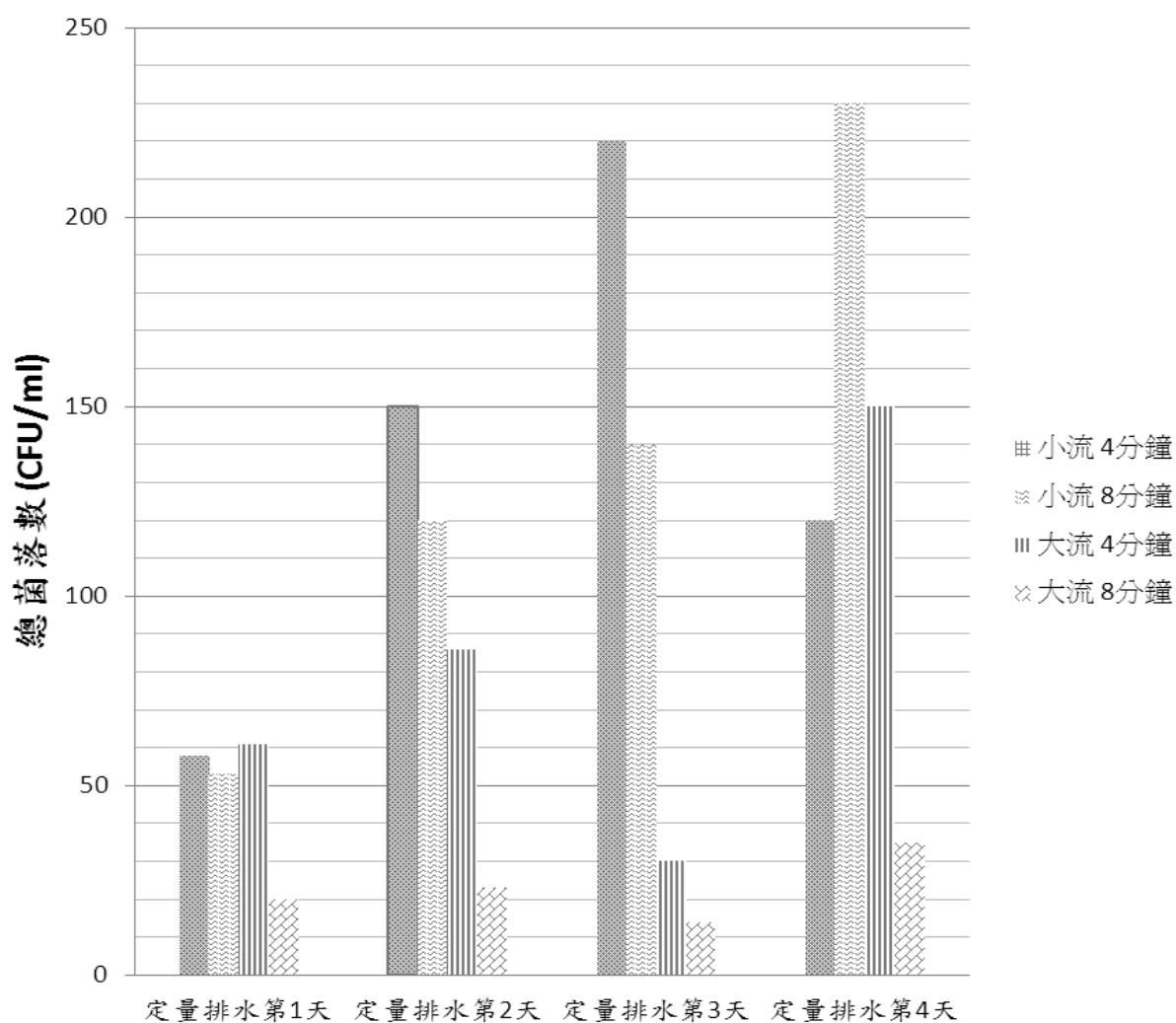


圖 5 4 組不同流速及流量每日定量連續排水對水中總菌落數影響統計圖

(二)自來水 0.35 mg / L 自由有效餘氯隨時間衰減速率如未受陽光、溫度及污染等原因影響，平均每日隨時間衰減速率約為 0.09mg / L，儲存 4 日自由有效餘氯衰減至未檢出(ND)，水中開始有總菌落數繁殖，如一併考量陽光、溫度及污染等影響因子，建議用戶使用水塔儲水以不超過 3 日並以每日水量循環 1 次為最佳使用方式。

(三)水龍頭水壓 2.1kg / cm² 同樣去除水中總菌落數量，全開度大流(15 L / min)連續排水比 1 / 4 開度小流(7.5 L / min)經歷時間少 128 min 效果比較好。

(四)新設 2 組不同供水流速及流量連續排水，經歷不同時間採樣檢驗結果大腸桿菌群依然 < 1CFU / 100ml，因此可以得知水中總菌落數為自來水供水管線生物膜形成評估主要檢項。

(五)水龍頭水壓 2.1kg / cm² 自來水每日全開度大流(15L / min) 8 分鐘，使用量達 120L 以上，水質可確保符合飲用水水質標準。

(六)本處轄區飲水台用戶，飲水台設置三通管水龍頭再接上手壓龍頭直接供水，每日派專人由三通管水龍頭全開度大流連續排水 8 min 以上，直接供水採樣檢驗符合飲用水水質標準可以得到驗證。

參考文獻

- 1.飲用水水質標準，中華民國八十七年二月四日行政院環境保護署(87)環署毒字第 00044 28 號令頒布
- 2.楊啟章，2005，鐵錳氧化物、餘氯濃度及剪應力對配水系統生物膜生成之影響，國立暨南國際大學土木工程學系碩士論文，台灣。
- 3.曾艾涵，2006，管材與溫度對加氯控制配水系統生物膜策略之影響，國立暨南國際大學土木工程學系碩士論文，台灣。
- 4.環保署環境檢驗所公告水中總菌落數檢測方法－混合稀釋法 NIEA E204.54B，
<http://www.niea.gov.tw/niea/LIVE/E20454B.htm>
- 5.環保署環境檢驗所公告檢測方法飲用水中大腸桿菌群檢測方法－濾膜法 NIEA E230.54B，
<http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W41552B.htm>
- 6.環保署環境檢驗所公告檢測方法飲用水水質採樣方法－自來水系統，
http://www.niea.gov.tw/analysis/method/methodfile.asp?mt_niea=W101.54A

作者簡介

許國樑先生

現職：臺灣自來水公司第九區管理處檢驗室主任

專長：化學檢驗

以色列的水資源利用與水科技運用發展 —2012 年出國考察心得

文/吳陽龍、許敏能

一、前言

以色列全國面積 2 萬 1,500 平方公里，自古以來為中亞通往歐洲的交通要點，人口約 710 萬左右，以猶太人(約 75%)及阿拉伯人(約 20%)為主，大部分國土是沙漠，全年無雨長達 7 個多月，南部多沙漠，年降雨量只有 25mm，北部、約旦河谷及沿海平原，降雨較多，年降雨量有 800mm，是一個水資源和天然資源高度貧乏。

為因應水資源不足及國家產業發展，水資源利用及水科技產業運用列為國家重點發展產業，積極發展水資源利用如海水淡化、廢水回收及水資源管理等先進水技術，至目前已培育成約有 250 家水科技公司，相關產品出口至全球 100 多個國家。2010 年出口金額約 15 億美元，2011 年將超過 20 億美元，預估至 2014 年可達 27 億美元。其主要水技術輸出業者包括 IDE Technologies (海水淡化技術)、Tahal Group (水資源開發技術)、Netafim (滴灌技術) 及 Arad (水量計技術) 等。

二、以色列的水資源利用

(一)雨水之收集利用

以色列沙漠半沙漠地區約占國土總面積的 2/3，集中在南部地區，而蒸發能力極大，使得南部地區地下水多為鹹水的原因，全國淡水資源約 20 億 m^3 分別由地表淡水資源在北部加利利湖和約旦河為中心，從加利

利湖中抽水量每年約為 4 億 m^3 ，供水大約占全國用水的 30%；第二個淡水資源為地下含水層，一個由西部沿海平原，從北部海法 (Haifa) 地區延伸至南部的加沙 (Gaza Strip)，每年大約從地下抽水 2.5 億 m^3 ，占全國用水的 19%，另一個位於中部山區，北部起于卡梅爾 (Carmel)，南部到內格夫沙漠北端的比爾謝瓦 (Beer Sheva)，由該含水層大約抽水 3.5 億，占全國用水的 26%；第三個淡水資源是北部山區的自然降雨約 3.3 億 m^3 ，占全國用水的 25%；其餘不足部分由海水淡化供給。

為提升水資源利用的管理於 1964 年建置完成並投入使用“全國輸水系統”，它應用水泵把位於海平面以下 220 米處的水抽到海拔 152 米高處，經過消毒處理後由輸水管線向沿海地區和內蓋夫沙漠配送，並與加利利湖水和中部的地下水連接成為一個整體，利用電腦監控系統依據各地區的需水情形作統一調度，還收集污水經處理後提供給農業灌溉使用。

(二)海水淡化

在以色列水資源被視為戰略物資，因而注重水資源的供應管理，千方百計開拓各式各樣新的水資源，由於全球 97.5% 的水資源為海水，將海水淡化應用作為解決水資源不足的重要出路。隨著人口、各項產業用水需求不斷增加，以色列政府將海水淡化的目標從最初設定的 5000 萬立方公尺，調整到 2002

年的 4 億立方公尺，再增加到 2007 年的 5.05 億立方公尺。2008 年，以色列政府提出了新的海水淡化目標，根據計劃，到 2020 年，以全國海水淡化量將達 7.5 億立方公尺，佔全國用水量的 50%。

經以色列政府機關的積極運作下，在 1965 年由 ICL（以色列化工集團）和 DelekGroup（德勒卡集團）共同出資 27 萬美元創立 IDE 公司，兩家公司各持有 IDE 公司 50% 的股份，促使以色列人踏出與海爭水的第一步。IDE 在海水淡化和能源聯合應用方面的技術，在專業技術領域方面保持對現有市場的領導地位，並擴大到新的市場領域。IDE 公司在七十年代發明的低溫蒸餾（MED）技術為當今海水淡化廠普遍應用，技術純熟度居世界領先地位，並在美國和歐洲等主要國家獲得專利；另利用電廠或工業餘熱透過蒸餾技術生產高純度、高品質的工業用水和飲用水，由於採用獨有的專利技術，在設備造價、制水成本上具有相當的競爭性；在反滲透 RO（膜法）裝置上採用獨家專利技術，

通過世界上最高水準的能量回收系統（能量回收率達 >96%）回收的能量再用於淡化技術，可以節省約整個淡化系統所需要能量的 40%，這種獨一無二的三中心理論和諸多專利技術能使 IDE 在自己的 BOT 項目中創造世界最低的海水的水價。

IDE 現在是全球最大的逆滲透海水淡化廠（圖 1）建造商，在 40 個國家建有超過四百座海水淡化廠。2009 年建成的哈代拉（Hadera）淡化廠，是目前全球最大的 RO 逆滲透淡化廠，每年可生產 1.27 億噸的淨水。下表 1 為 IDE 在以色列主要的海水淡化廠相關資料：



圖 1 逆滲海水淡化廠

表 1 IDE 在以色列主要的海水淡化廠相關資料

	開始運轉年份	每年產能	每噸生產成本 NT
Ashkelon	August 2005	120 百萬噸	20.8
Palmachim	May 2007	每年 45 百萬噸	23.2
Hadera	December 2009	127 百萬噸	20.8
Ashdod	2012	100 百萬噸(可擴廠至 150 百萬噸)	19.2
Soreq	預訂 2013	150 百萬噸(已核准擴廠至 300 百萬噸)	16.08 - 17.52

2005 年，IDE 公司在以色列 Ashkelon 地區開始營運，當時世界上最大的海水反滲透淡化水廠，該水廠年產淡水 1.2 億立方米。該項專案完工後，該海水淡化廠榮獲《環球水資源情報》雜誌(《GlobalWaterIntelligence》)授予“2006 年度海水淡化廠獎”；於 2011 再次榮獲 G W 全球海水淡化公司年度獎。這些具有里程碑意義的成就開闢了國際脫鹽淡化產業的新視野，並奠定了 IDE 公司在世界大型海水反滲透淡化領域明晰的領導者地位。

IDE 為提升海水淡化廠達到綠色產業，不斷研發新的反逆滲透技術，於 2011 年 9 月 6 日發佈了 IDE PROGREENTM 是全球第一個將環保概念導入海水淡化產業，也是第一套綠色環保反滲透系統，此外，本項海水淡化技術，其處理過程中有一部分榮獲專利權，IDE PROGREENTM 對生產高品質飲用水而言是一種綠色環保且經濟的方式。IDE PROGREENTM 在海水淡化的技術上有下列三種優勢(圖 2)：1.優化能量消耗率，減少化學品的使用，提供可定制自動維護平臺的方式，以降低生產成本，增加投資回報率。2.在預處理和淡化過程中消滅化學品使用量的方法，把海水淡化對環境的影響降到最低；新的製造飲用水系統緊湊且靈活，易於運輸和安裝，明顯的降低了生產成本，還避免了投資昂貴的基礎設施。3.利用高效率的泵來進一步節約成本，外加上一套能源利用系統來減少能量消耗。RO 膜法直接滲透清洗(DOC)系統降低了海水淡化過程中的能量消耗，並使低耗化學用品的滲透膜，清洗可以持續穩定的進行，提高了設備的可利用率。本項不僅已是模組化的產品，亦可依客

戶每天的需水量來設計，以達到客製化的成效。



圖 2 研發成功 IDEPROGREEN 模廠

(三)污水處理再利用

缺乏天然資源、惡劣的環境及位處阿拉伯國家強鄰環伺下，水資源的充分利用就顯得格外重要，在以色列《水資源法》中將污水定義為“水源”的範疇內，回收的污水用於農業灌溉是以色列水資源政策的重要目標之一。以色列要積極發展農業，迫使必須解決大量農業用水的問題，因此，一系列先進的水處理技術也就因應而生，目前以色列污水回收利用率已達 75%，居全球之首，遙遙領先世界排名第二的西班牙，後者的污水回收利用率僅為 25~27%。以色列全國每年產生污水量約 5.2 億立方公尺，在被回收處理的 4.75 億立方公尺污水中，處理完成有 3.6 億立方公尺被用於農作物灌溉。以色列政府的目標是，到 2015 年，全國用於灌溉的回收水量超過 5 億立方公尺，污水回收率達 100%，由此每年可以減少 5 億立方公尺的淡水消耗。為此，以色列致力于提高污水處理廠的數量和處理能力，並不斷修建污水蓄水池。

1992 年以色列政府就制訂污水回收的基本水質標準，但是由於以色列國內污水回

收率非常高，太低的水質標準無法與政府的長遠目標相配合。因此，於 2001 年公布灌溉和河流排放的污水處理水質標準，其中包含了污水中的 38 個生物和化學指標，並於 2003 年進行了可行性測試。2010 年以色列議會通過了《公眾健康條例》，規定了回收水應該滿足的懸浮物和固體的最大標準，以及經處理後的污水，進行灌溉和河流排放時應符合 36 個指標如下表 2。該標準根據土地和水資源的敏感度而制定，旨在避免對土地和水資源造成損害。自上世紀末至今，以色列已在污水的輸送設施和處理設備上投入了 600 億 NIS（約合新臺幣 4800 億元）。

AGAR®（附著生長物運行反應器）技術是 Aqwise 公司一個超過十年密集的多學科研究和發展的結果。集成固定薄膜和懸浮生長技術，它被視為“下一代”生物水處理方法。AGAR®技術結合了一個高效的曝氣和混合設計獨特的完全開放和充分保護生物載體。在有效增加表面積促使優越的生物量增長和最佳的氧轉移效率的結果。圖 3 技術運轉情形。



圖 3 AGAR 技術運轉情形

二、水科技的運用發展

(一)滴灌技術

農業是世界各國最大的耗水產業，每年水消耗量佔全球水資源消耗的 70%，而開發中的國家，農業用水更高達總消耗量的 82%。以色列 1965 年發明滴灌技術，該技術一經發明就迅速推廣開來，成為乾旱缺水地區最有效的一種節水灌溉方式，滴灌技術使得以色列在農業用水領域居於國際領先地位，並將水的利用率提升至 70-80%，為全球灌溉技術首位。目前，滴灌技術的國際市場價值為 20 億美元，其中以色列公司佔據 40% 的市場，所生產的滴灌設備有 80% 均用於出口。

該技術擁有其他灌溉方式無法比擬的優點：1. 可以有效減少水分蒸發，使所有的作物均勻得到水分空氣隨水滴進入土壤，改善植物根部的條件，有利於作物的生長。2. 可以將施肥和灌溉相結合，既節省了勞動力，也可通過測量土質進行配方施肥實現肥量最小化。3. 由於減少了施肥量，能有效防止土壤鹽鹼化和土壤板結，並可有效控制病蟲害。

在滴灌技術方面的主要突破有：1. 使用鹽類水灌溉，可有效避免植物根部鹽類成分堆積。2. 通過將管線埋藏在地下 50 厘米深處進行灌溉的埋藏式灌溉技術，既可防止蒸發保持地表乾燥，也不影響田間作業。3. 發明可以預先鑄入滴灌管壁的管線滴頭、可調整滴頭與固定滴頭、集中式滴頭等設備。4. 通過滴灌系統進行施肥，使得水及肥料只滴灌到作物根部，有效控制了雜草生長，確保磷、氮等肥料元素不會流失。

表 2 以色列對灌溉和河流排放時應符合 36 個指標^[7]

Parameter	Units	Unrestricted Irrigation*	Rivers
ElectricConductivity	dS/m	1.4	
BOD	mg/l	10	10
TSS	mg/l	10	10
COD	mg/l	100	70
Ammonia	mg/l	10	1.5
Totalnitrogen	mg/l	25	10
Totalphosphorus	mg/l	5	1
Chloride	mg/l	250	400
Fluoride	mg/l	2	
Sodium	mg/l	150	200
Faecalcoliforms	Unitper100ml	10	200
Dissolvedoxygen	mg/l	<0.5	<3
pH	mg/l	6.5-8.5	7.0-8.5
Residualchlorine	mg/l	1	0.05
Anionict detergent	mg/l	2	0.5
Totaloil	mg/l		1
SAR	(mmol/L)0.5	5	
Boron	mg/l	0.4	
Arsenic	mg/l	0.1	0.1
Mercury	mg/l	0.002	0.0005
Chromium	mg/l	0.1	0.05
Nickel	mg/l	0.2	0.05
Selenium	mg/l	0.02	
Lead	mg/l	0.1	0.008
Cadmium	mg/l	0.01	0.005
Zinc	mg/l	2	0.2
Iron	mg/l	2	
Copper	mg/l	0.2	0.02
Manganese	mg/l	0.2	
Aluminum	mg/l	5	
Molybdenum	mg/l	0.01	
Vanadium	mg/l	0.1	
Beryllium	mg/l	0.1	
Cobalt	mg/l	0.05	
Lithium	mg/l	2.5	
Cyanide	mg/l	0.1	0.005

以色列滴灌系統並納入電腦控制，因此積極投入各種作物的需水量研究，並精確計算；滴灌系統能長時間工作，精密、可靠、節省人力，在灌溉過程中，如果監控系統會記錄灌水的施用量與要求相比有一定偏差，系統會自動地關閉灌溉裝置，電腦系統還允許操作者預先設定程式，有間隔地進行灌溉。這些系統中有可以幫助收集灌溉資訊的感測器，如埋在地下的濕度感測器，負責收集土壤濕度資訊。另還發明應用監測設備可以來檢測植物的莖和果實的直徑變化，以決定對植物的灌溉間隔的感測器，這種感測器直接和電腦相聯，當需要灌溉時，它會自動打開灌溉系統進行澆灌作業；因此，各項農作物產量迅速增加，以色列因而有歐洲冬季的廚房美名。圖 4 家庭花園應用滴灌系統。

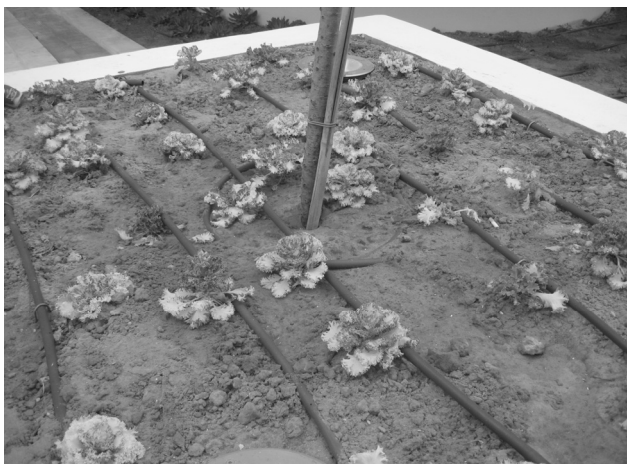


圖 4 滴灌系統佈設情形

(二)無線傳輸技術

1.阿拉德集團的 Dialog3G 介紹

Dialog3G 是一套先進的無線讀表系統 (AMR/AMI)，擁有強大的水量計用水量管控能力並與精確的整合管理軟體工具相結合。Dialog3G 系統是一個在自動讀表領域被認為市場領導者，其系統已安裝在世界各地

數百個城市的自來水公用事業。由於該公司在水量計領域有豐富的經驗且有獨特、專業的開發能力，其先進研發團隊不斷創新努力下，為這個快速發展的自動讀表市場提供最新的解決方案。Dialog3G 是由三個主要組件所構成(圖 5)1.無線傳輸水量計 2.數據收集設備 3.集中器。Dialog3G 提供自動化和半自動化的多元數據收集模式，為自來水事業單位多元方式選擇、搭配；系統的元件化設計以提供 100%可靠的數據擷取，有利系統性能穩定性及日常方便維護，另元件化也為大區域範圍的應用提供快捷、便利建置解決方案。

另阿拉德集團為整合水量計的全流程管理方式，再行開發 Dialog3GCityMind 的管理系統(圖 6)，它是一個功能強大的控監系統和整合公用事業部門的管理制度。這一個應用管理系統，已被全球自來水公用事業大量使用，CityMind 提供的各種報告和統計分析，以幫助即時網路管理模式和掌握用戶用水特性並準確計量。應用“GPS”界面，CityMind 軟件可提供了一個“即時”的城市地圖，並由一些簡單的圖形及圖示等將所有狀態和警報呈現。例如，用戶可以選擇一個區域，接收使用即時摘要、警報、歷史資料和數據使用模式的變化。

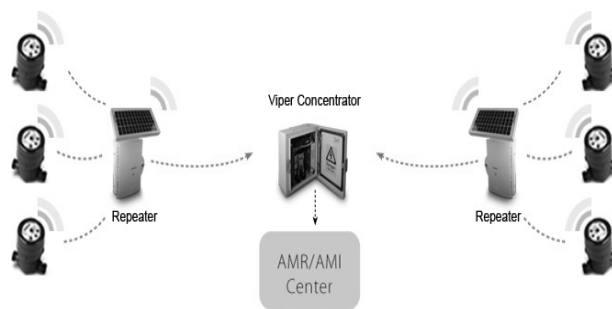


圖 5 固定網路收集器

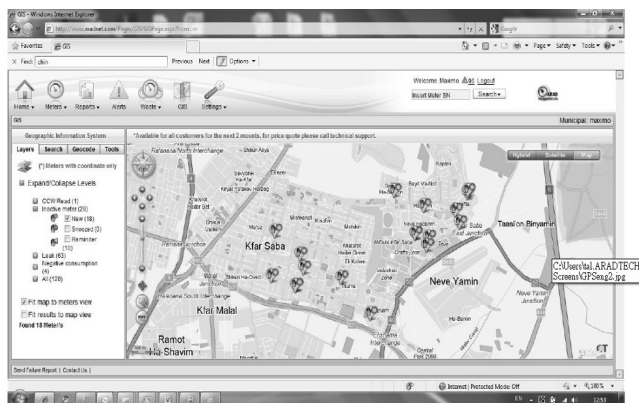


圖 6 無線讀表佈置網頁並提供資訊及警示

2. Miltel 公司無線傳輸技術

Miltel 是以色列一家無線讀表的整合公司，在自動抄表（AMR）和先進的管理基礎設施（AMI）等技術的領導者圖 7；Miltel 使用的專有的傳輸技術，協助水資源管理單位對相關系統含消防栓和供水管網等提出有效的解決漏水檢測方案。而 miltel 的 AMI 技術已獲得在全球各大洲的水資源管理單位採用並完成佈置和監控；在美國已超過 50 萬套的水量計無線自動讀表系統在使用。所有倫敦對外交通的三大航空機場 Heathrow, Stansted, and Luton 等在建置 AMI 系統皆採用 Miltel 的無線讀表的整合技術。

在無線自動讀表及全程管理的技術上，Miltel 擁有專業的 DAT 技術，可為公用事業提供有效的解決方案。這是一個資料無線傳輸系統從傳感器所獲得的數據到收集器、處理、存檔及傳輸到終點處理系統，它還提供了回饋控制信息的傳輸，軟體更新，和終端點的數據。Miltel 以 DAT 技術建置的專有無線電基礎設施，這項技術可透過公共或私人電信網路系統（支持 WiFi/WiMax 的功能並可應用 GPRS 等）雙向的傳輸數據。DAT 的操作方式為雙向模式，從系統終點設備的伺服器，DAT 可操作全程的讀表系統，

並控制程序和控制應用到使用者，亦可由使用自行下定指令改變資料傳輸模式。

DAT 系統比傳統的數據收集系統，更具有強大的分析功能和結構性的優點。DAT 的優點如下所示：

- 增強無線數據傳輸性能，提升涵蓋點的數據接收能力。
- 基礎設施的建置整體成本低廉，最多可支援兩千點作為每個無線傳輸接收站。
- 低成本端點，不需要外部電源，可以繼續使用多年。
- 多樣的數位介面，如整合下水道的液位及用戶用水量的數據（圖 8），支援從終點到傳感器及測量設備。
- 遠端可編修、操作介面容易使用的程序，即時的分析，減少必須傳輸的數據量。

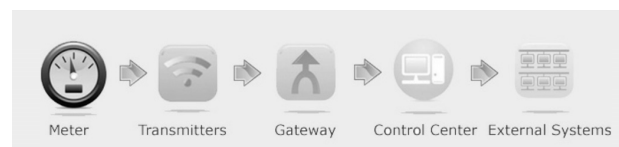


圖 7 miltel 自動讀表系統架構圖



圖 8 自動讀表系統整合自來水及雨水

(三) 微量進水阻止器介紹

A.R.I. 公司是一個超過 40 年的專業閥類開發公司產品包括進排閥、排氣閥及微量進水阻止器 (UFR-Unmeasured Flow Reducer) 等用水

設備，現在於美國、德國、俄羅斯、中國及南非等國家，另於在全球 90 多個國家設有分支機構並通過 ISO9001 和 ISO14001 認證。為克服水量計先天的計量障礙，成功研發完成 UFR，UFR 的運作方式當用戶進水管的進水量低於 30 升/小時或壓力小於 0.4BAR 時，UFR 就發揮功效即阻止微量進水避免水量計計量落於不感的範圍內，因為進水量低於 30 升/小時已接近 C 級水量計準確的 Q_{min} (25 升/小時)，故將低流量進水阻止以免水計量未準確計量或不感情形如圖 9。

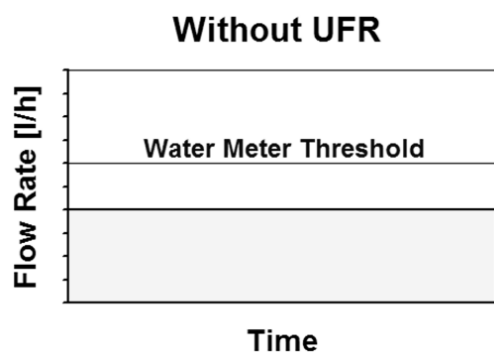


圖 9 微進水水量計未準確或不感計量

UFR 基本原理是應用上、下游的壓力差來調節控制閥，進而改變進水流量，由持續的進水量模式改變為脈沖進水模式，使每個脈沖進水模式皆在水量計準確計量的範圍內圖 10，用水設備、衛生設備及水池、水塔的微量補水與水量計自然衰退等未準確計量部分，找回水量計不準及不感的水量。UFR 的動作模式如下所示(圖 11UFR 運作模式)：

- 1.當 UFR 上、下游的壓力平衡時，下游端 UFR 內部設有彈簧裝置，因此下游端推動柱塞頂住可阻隔兩端。
- 2.當下游端有微量滲水，導致下游端的壓力下降，兩端即產生有壓力差，柱塞向前發展，拉動了密封橡膠。

- 3.橡膠密封條脫離瞬間，柱塞動作迅速向前，脈沖式水流量通過該系統，通過的水量落水量計準確量範圍內。
- 4.當水量充滿下游端，UFR 兩端的壓力相等時彈簧又推動柱塞回的“封閉”的位置。

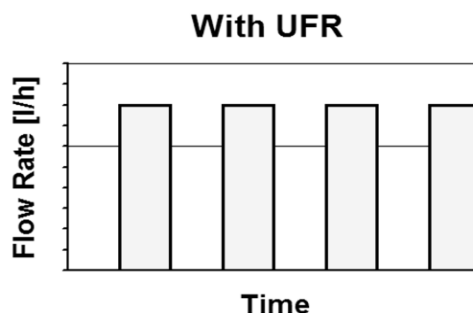


圖 10 裝設 UFR 後脈沖進水模式

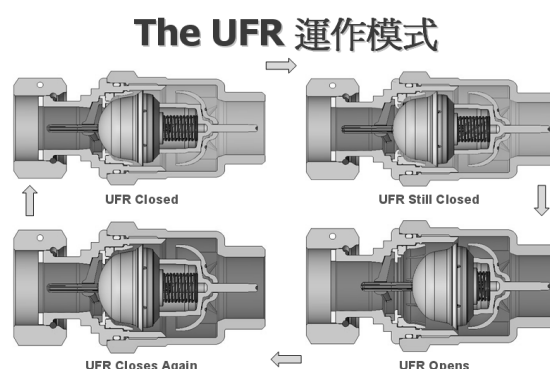


圖 11 UFR 運作模式

在用戶端裝設 UFR 的具體成效如下所示：

- 1.減少不可測量流，降低帳面損失。
- 2.大幅提高自來水事業的收入，依國外經驗可增加 10%。
- 3.UFR 不僅可找回水量計不感的水量，本身也是一個高品質的逆止閥，可防止用戶不明的水源，倒流而污染主要管道。
- 4.在間接供水系統，總表度數與各樓層家戶水表間分表和的差為公共用水分擔，設置 UFR 可以使計費更公平。
- 5.找回因水量計先天障礙的無費水量。
- 6.縮小總表計量度數與家戶水表計量總和之

間的測量差異。

(四)免開挖滲漏自動修護工法

依據世界銀行評估每天約有 880 億公升的經過處理後的水，從城市的輸送管線滲漏、流失，國際自來水協會（IWA）認為，大部分流失的自來水是“地面下滲漏”所造成，即自來水是從都市輸、配水管網系統及用戶給水管線的縫隙或接頭處滲漏而流失。而汰換自來水管線曠日費時，又需投入昂貴的費用且對都市環境破壞性大、交通沖擊層面廣，因此全世界各國的自來水事業對進行全面性澈底汰換自來水管線會有審慎的評估，經常借由降低供水壓力來減少地面下滲漏流量。

以色列開發一種新技術為免開挖滲漏自動修護工法(Trenchless Automated Leakage Repair-TALR)，本工法的特色是免開挖修護供水管網系統漏水處，從施作至完成約 3~4 小時，施工過程快速、便利，對都市環境及交通沖擊性小，與管線汰換成本相較成本低廉，在高都市化的環境下是一個優良的管線修護工法。

免開挖滲漏自動修護工法的施工程序如下(圖 12)：

- 1.在供水管網內，挑選一段長約 100~300m 的配水管線，前後有消防栓設備，便於放入軟密封海綿狀子彈型物體(pigtran)。
- 2.投入軟密封子彈型物體後利用水壓，將此項物件向配水管擠推，添加複合材料密封劑，再置入另一個軟密封子彈型物體，以水壓擁擠方式向前壓推。
- 3.依據流體力學壓力平衡原理，流體由高壓力區向低壓力區運動，因兩個軟密封子彈型物體中間夾著複合材料密封劑，所行經

的配水管線如裂縫或滲漏，複合材料噴射出來，以填補它，隨後固化，即修補管線破孔。

- 4.於下游端消防栓兩個軟密封子彈型物體及複合材料密封劑，再被回收，完成免開挖滲漏自動修護工法的程序。

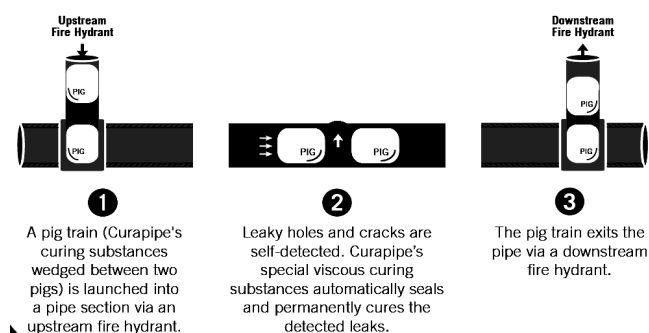


圖 12 TALR 的修護程序說明

TALR 的工法可適用在口徑 50mm 以上如金屬、塑料、水泥、石棉等各種自來水管材，施工過程必須停止供水約 3~4 個小時，而施工的管線間距從投入點至回收點之間的距離約 100m - 300m，如無適當的消防栓當投入點或回收點可改由分枝管或特別施作的分水點替代，施工的配水管在施作的過程中管內的壓力值必須保持 2Bar，方能確保 TALR 工法壓擠、修補順利完成；TALR 工法所採用的複合材料密封劑符合飲用水標準並不會影響飲用水的品質。

該公司的評估資料，此種免開挖滲漏自動修護工法(TALR)有如下效益

- 降低基礎設施滲漏指數（ILI）和漏水自然複發率（NRR）
- 減少管線和其他無法預知的滲漏
- 延長自來水管線壽命和不需採昂貴的汰換管線方式更新系統
- 提高水的利用效率和恢復配水管內的壓力
- 修護各類型的破孔如針孔、環向及橫向

裂紋

- 修護各種接頭處滲漏問題
- 可適用於各類管材，如鑄鐵/球墨鑄鐵和 PVC 水管
- 減輕土壤承載能力的喪失，污染和其他環境問題的風險
- 提高自來水事業的聲譽。

(五)緊急移動供水系統

為了增加處理設備的機動性，以色列 ODIS 公司不僅提升水處理技術效率及品質，再配合車輛運輸載具的空間限制，研發所有的水處理設備整合在運輸載具上，增強水處理設備的移動性，使優良的水處理技術得以深入窮鄉僻野，對窮苦缺水地區的民眾可提供清潔飲用水，另災損地區的緊急飲用水的供應得以疏解。ODIS 移動性緊急供水系統(圖 13)對國際間遭受天然災害提供安全飲用水如泰國 2004 年南亞地震海嘯受災地區、海地和智利地震等。此外，這些系統是由聯合國特派團和聯合國兒童基金會送到整個非洲和美洲的提供缺水地區使用。緊急移動供水系統，用來處理各種來源的水，本系統基本特性如下所示：

- 水源-無論任何來源，如海水，地表水或地洞水，包括受污染的水化學和生物材料。
- 運行時間-24 小時運轉。
- 消毒-紫外線和次氯酸鈉溶液。
- 模組化-緊急移動供水系統模組化和可擴展。
- 安裝-在兩小時內完成按裝。
- 移動性-可以迅速組裝，並快速移動。
- 操作-高可靠性和低運行成本。



圖 13 移動性緊急供水系統運轉

(六)水科技育成中心

以色列每年花費在教育、科技研發的預算，與其 GDP 的比值為全球之冠。由於缺乏天然資源，人才是以色列唯一可與其他國家競爭的籌碼，因此政府投資許多資源在人才培養、技術發展的課題。水科技產業大多為具高技術的中小企業，此結構支撐了整體水產業發展，在扶植新創事業、中小企業的育成模型，是目前被公認產業發展最關鍵的成功因素。在目前 26 個育成中心，其中已有 5 家為公開發行股份的上市公司，大多數的育成中心皆包含各類型產業的育成，但仍有針對特定產業如水技科、生醫、綠能等專一性的育成中心，其特點是這些育成中心皆由官方單位成立、再委外由私人機構所企業化經營，以專業、營利性、系統性扶植新創企業，導入商業經營的模式增進育成的效率。

以色列政府積極推動產業育成中心，因而促使以色列轉變成為全球創新產業的領導中心，綜觀育成中心屬性有 3 種運作模式 1.推動方式。2.營運模式。3.中心特性等內容詳述如下：

- 1.推動方式-成立科技育成中心營運委員會，負責訂定並推動主要工作項目：
- 「科技育成中心計畫」政策訂定。

- 規劃科技育成中心及育成專案的輔導方案。
- 審查科技育成專案申請。
- 同意科技育成中心主持人及專案經理的任用。
- 督導科技育成中心營運及育成專案執行。
- 取消育成專案的執行及經費支援。

2. 營運模式

- 每一育成專案團隊有 3~6 人，最多可進駐科技育成中心 2 年。
- 每一專案最多可獲政府每年 15 萬美元，2 年共 30 萬美元的補助。
- 此經費補助必須由產品銷售的權利金中逐年回饋，直到完全攤還為止。

3. 中心特性

- 輔導對象是初期的創新科技構想專案，而非以公司登記的廠商。
- 政府機關直接涉入科技育成中心主持人及育成專案經理人的聘雇。
- 政府機關直接撥付經費補助育成專案。
- 政府機關直接控管育成計畫的執行及經費運用審查。
- 科技育成中心可獲得每一育成專案至少 20% 的股份。

經過多年水科技育成中心的培養並與國際著名的高科技公司合作，已在滲漏防制、飲用水安全、污水處理、海水淡化、自來水淨化、生物膜整合及機械與過濾設備等創新技術，全球大約超過 600 家公司採用以色列水科技技術，在以色列約 100 家創業公司在處理各種產品和技術；以色列政府為行銷水科技成果，每兩年就在臺拉維夫舉辦水科技展，邀請全世界水資源產業相關公司赴以色列參觀、採購，在政府帶頭行銷水科技

產業下，水科技外銷的成果 2011 年已達到 20 億美元。

五、心得與結論

(一) 水資源利用

由於台灣地形關係，南北狹長，東西窄短，因此，雖台灣的年均雨量是世界平均值的 2.6 倍，但事實上台灣每年降雨量中，超過一半都迅速流入海中，台灣是一個缺水國家早已是不爭的事實。依據經濟部水利署的研究提出，台灣目前每年的平均供水量約為 175 至 180 億噸，但至 2021 年時，需求量會上升至 200 億噸，到時台灣將會出現嚴重缺水的情況。

台灣本島自來水的原水來源主要由汲取江河湖泊、地下水及地表水等，至於離島民生用水除雨水及地下水外，亦採用海水淡化，至於其他大量工業用水如電廠(包含核能及火力)，則採用海水淡化廠主要；政府在離島地區興建營運海水淡化廠，均未達萬噸級以上之經濟規模，因此單位建造成本較高，依水利署估算海水淡化廠興建成本與造水成本：單位建廠成本(不含土地、輸水管線、回饋補償)新台幣 50,000 元／噸，其單位造水成本(含建廠、土地、管線、營運、回饋、設備更新，以利息 6%，20 年壽命計)約新台幣 30~40 元／噸，比以色列最新的海水淡化廠造水技術的成本高出 1 倍多(約 16.08 - 17.52 元／噸)，再則現每噸水售價約為 10 元，即每售出 1 噸約虧損近 20 元，因此在台灣本島推行海水淡化廠是不符合經濟效益，惟有配合高科技產業的用水，因其產值較一般傳統產業高，推動海淡廠設置較為可行，另離島地區則需導入較先進的海淡技術以降低造水成本並提升售水的經濟效

益。

為因應未來用水量的擴張，必須有未雨綢繆的準備，中水回收再利用已成為刻不容緩的議題，依據內政部營建署的規劃，台灣的污水下水道建設，是以每年 3% 的進度在推動，目前相關計畫已進入第四期，期望在 2020 年時，能達到接管率 55% 的目標。以色列污水處理技術包含處理後水質標準及回收率皆是獨步全球，其處理後的再生水用於農業灌溉，促使沙漠變良田，農業產量大幅提升，不僅可自給自足亦可外銷歐洲；另外新加坡亦利用先進的污水處理技術，將家用污水及工業廢水回收，經過微過濾去除水中的細小懸浮物、膠體粒子、細菌、單細胞動物及直徑較小的病毒後，再經逆滲透去除在微過濾過程中無法完全去除的無機物，最後利用紫外線的能量將細菌或病毒的化學鍵結被打斷破壞化學結構或使其性質改變達到殺菌的功能，而能達到飲用水標準，即為“NEWWATER”；考慮國人的飲水習慣，現階段為因應缺水危機需積極收集以色列及新加坡污水處理技術，以備未來規劃污水處理廠參考，致於處理過後是否導入飲用水部分，初期應參考以色列方式規劃納入農業灌溉較符合國人觀念。

(二) 水科技的運用發展

1. 提升水量計管理

水量計自按裝於用戶端開始計量至有效始用年限止，國內、外的自來水事業單位並未進行追蹤水量計是否有衰退，衰退情形與使用年份、使用度數的關係為何？由於國內自來水事業是水量計主要使用單位，惟對水量計各項研究稍顯不足，亦無合格的水量計測試場地及相關研究計畫，因此對於水量計是否準確計量無法一窺全貌；本次參訪以

色列水表廠，因而得知水量計從葉輪盒的設計、積數器齒輪的材質選用至成品線上測試是一門博大精深的學問且藏著相關核心技術，再則水量計涉及自來水事業單位計算 NRW 的多寡議題，實應成立水量計研究中心詳加研討、關注。本處刻正擬定水量計測試計畫並規劃水量計測試場，期以掌控用戶端水量計從按裝至汰換全流程之完整性，綜整前述，以色列是缺水國家，致力研究水的計量與控管設備，因而研發各種新型水量計、自動讀表系統及資料分析系統等值得參考；本處已挑選內湖小型加壓供水系統，安裝小型電子水表進行評估、分析，本項測試對用水用水特性觀察、實地觀測水壓與水表計量關係及水表的衰退性能等未來水表選、計量技術及供水分區管理有相當助益。

2. 強化自來水附屬設備功能

以色列是一個缺乏天然資源及水源嚴重不足的國家，各項產業的生產流程規劃皆將節能減碳原則納入考量，如自來水的輸配水管以鋼管為主要，鋼片製造、生產是高耗能過程，對環境保護衝擊大，並需要耗損大量的水資源，因此鋼管生產過程中即將低技術性如鋼片生產委外辦理，甚至向國外採購，相同的原則，閥類製造過程中閥體的鑄造委託國外廠家製造再進口，由以色列的業者掌握核心技術，控制產品的優良品質；對強化自來水相關附屬設備已參考以色列研發可裝於水表前後多功能閥或節水閥等產品，與國內特殊製造廠商合作進行本土化測試，期望具體成果再導入合適的在地供水特性，並可提供本處作為未來規劃水壓、水量管理之參考。

3. 試行自動讀表系統

自動讀表系統在以色列應用已相當廣泛，提供包含車載式、人員及無線傳輸等蒐集指針方式，透過系統業者的終端軟體開發，將蒐集的讀表資料分析、統計，製作各種類圖表，以利水資源管理單位掌控用水情形並即時更新客戶用水相關資訊；目前經濟部標準檢驗局委託台北市電腦公會辦理「自動讀表通信介面國家標準」計畫，近期擬訂新版 CNS14273「自動讀表系統之網路讀表介面單元」，配合今年公布 CNS14866-1「完全充滿的密閉導管內水流量之量測—冷飲水及熱水用水量計」，未來自動讀表系統勢必是自來水單位所採行，水量計的種類更為多樣，面臨未來水量計多樣性選擇的趨勢，惟有充份的知能、測試經驗，方能規劃未來自動讀表系統的方向。對自動讀表系統測試多方面嘗試、比較，如電子式表頭及攝影辨視讀表。

4.增強防災系統

全球氣候變遷日益頻繁，一年乾旱一年暴雨，乾旱無水可用，暴雨水濁難處理，另臺灣位於環太平洋地震帶，震災的發生是無法避免，惟有充分的準備面對變化莫測極端氣候及隨時而來的地震災害；本處的自來水供給系統已作好防災整備，已備妥備援、備載，並設置許多維生取水設備，而這些設備皆為固定式，無法移動，甚至受到震災的波及而損壞，因此思考維生設備移動能力是防災設備重要考量，如車載式淨水設備及折疊式儲水設備。

參考文獻

- 1.經濟部標準檢驗局，CNS14866-1「完全充滿的密閉導管內水流量之量測-冷飲水及熱手用水量計-第1部規範」(101/2/14).
- 2.台灣自來水公司，止水栓（含立式表位使用）檢驗規範(91/3/20)及圖面。
- 3.經濟部投資業務處,2011”以色列投資環境簡介”
- 4.吳陽龍、許敏能(2012),”赴以色列參訪水量計流量試驗場建置及水量計附屬設備維護作業”考察報告。
- 5.吳陽龍、許敏能,”微量進水阻止器初討”,自來水協會會刊,第31卷第3期,P58,2012年8月。
- 6.Sharon Yaniv,”Reduction of Apparent Losses Using the Unmeasured-Flow Reducer(UFR)”(20120325)
- 7.以色列環境保護部網頁”
http://old.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=e_BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^12092&enZone=Wastewater_Treatment”

作者簡介

吳陽龍先生

現職：臺北自來水事業處處長

專長：自來水事業經營與管理、水利工程、自來水工程

許敏能先生

現職：臺北自來水事業處供水科股長

專長：漏水防制、自來水工程、自來水管材、用水設備規範

中華民國自來水協會 第 17 屆理監事會第 9 次聯席會暨 第 17 屆第 3 次會員代表大會預備會 會議紀錄

時 間：民國 101 年 11 月 15 日（星期四）下午 4 時 30 分

地 點：台灣自來水公司第四區管理處 4 樓會議室(台中市北區雙十路二段 2 號 4 樓)

主 席：陳理事長福田

出席理事：陳福田 胡南澤 郭瑞華 王桑貴 賴文正 林 岳 謝啟男 王炳鑫

施澍育 吳振欽 蔡茂麟 高文浩 張明欽 謝堽煌 陳曼莉 林連茂

陳錦祥 駱尚廉 葉宣顯 王文龍 孫新惠 陳瑞忠 陳宏濤

出席監事：賴永森 廖宗盛 周盛華 林建財 楊豐榮 呂崇德

請假理事：黃敏恭 李公哲 籃炳樟 蘇金龍 吳美惠 吳陽龍 黃志彬 王池田

請假監事：李錦地 張順莉 康世芳

缺席理事：

列席人員：許培中 蔡麗嫻 李美娥 管惠嬋 謝雅婷 孫瑞嬪 施麗薰

記 錄：施麗薰

一、主席致詞：

各位理、監事大家好，感謝各位撥冗出席今天的會議！

第 45 屆自來水節慶祝大會暨本會第 17 屆第 3 次會員代表大會將於明日上午 9 時假台中市文英館「圓夢廳」（台中市北區雙十路一段 10 之 5 號）舉行，在這裡首先要跟各位理、監事報告一個好消息，那就是我們敬愛的 吳副總統即將在明天蒞臨本屆大會，現場將進行嚴密的安檢，當然這也是 45 年來首度有國家副元首親臨我們自來水節慶祝大會，相信協會的每一份子都備感榮幸，並希望各位理、監事明天踴躍到場共襄盛會。

本年度大會各項籌備工作，在賴主任委員永森精心規劃，李副主任委員丁來、李副主任委員明恭及莊副主任委員東明和籌委會各委員盡心督導，以及各工作小組人員熱心積極辦理下，各項籌備工作均已準備完成，在此對大會籌備委員會全體成員，表達至誠感謝之意。相信在各位之辛勞籌備下，本屆大會定可順利圓滿的畫上句點。謝謝各位！現在就依照議程進行今天的會議。

二、報告事項：

(一)秘長書綜合報告：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

(二)各種委員會報告：

編譯出版委員會：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

技術研究委員會：詳如議程書面資料（略）

結論：洽悉。

(三)會務各組工作報告：詳如議程書面資料（略）

結論：有關駱理事尚廉提議放寬學術界入會標準，及針對「中華民國自來水協會會員出國參加國際會議、發表論文或提出國家報告等補助辦法」進行修訂案，建議由本會國際事務委員會成立專案小組，研擬具體修訂辦法，提下次理、監事會討論通過後實施。

三、討論事項：

甲、第 17 屆理、監事會第 9 次聯席會議提案：

第 1 案 類別 會 務 提案人：理事長 陳福田

案由：修改本會會務工作人員管理辦法第四條，新進會務工作人員其年齡不得超過六十五歲，秘書長為理事長遴聘不在此限，提請討論。

決議：通過。

第 2 案 類別 會 務 提案人：國際事務委員會主任委員 駱尚廉

案由：為組團參加 4th IWA Asia-Pacific YWP 東京研討會，所需經費包括來回機票及宣傳品費，估算共約新台幣 50,000 元，擬動支本會 98 年度「基金-準備基金」辦理，提請討論。

決議：照案通過。

乙、第 17 屆第 3 次會員代表大會預備會議提案：

一、案由：請審查本會第 17 屆第 3 次會員代表大會提案（案由、說明及辦法）請參閱第 17 屆第 3 次會員代表大會手冊提案，共計四案（各案內容自第 47 頁至 76 頁）。

(一)為提報本會 100 年度歲入、歲出決算書，敬請追認通過。

審查意見：擬照辦法提請大會討論追認通過後，陳報內政部核備。

(二)為提報本會 102 年度事業計畫（工作綱要）草案，敬請討論通過。

審查意見：擬照辦法提請大會討論通過後，陳報內政部核備實施。

(三)為提報本會 102 年度歲入、歲出預算草案，敬請討論通過。

審查意見：擬照辦法提請大會討論通過後，陳報內政部核備實施。

(四)為適用勞動基準法第 54 條勞工退休年齡規定為六十五歲，本會檢驗員退休年齡，應依法修改年滿六十五歲，敬請討論通過，以便實施。

審查意見：提請大會討論通過後，報請內政部備查。

二、案由：請推定本會第 17 屆第 3 次會員代表大會暨第 45 屆自來水節慶祝大會各項表彰人員頒獎人及理、監事會工作報告、大會提案討論、臨時動議主持人、報告人：

1. 理事會工作報告主持人：李監事會召集人錦地

報告人：許祕書長培中

2. 監事會工作報告主持人：陳理事長福田

報告人：張常務監事順莉

3. 提案討論及臨時動議主持人：陳理事長福田

三、案由：對自來水事業發展有特殊重大貢獻人員及服務年資悠久頒獎人：

(一) 一級主管表彰案頒獎人：台水公司阮董事長剛猛

A. 營運管理獎：林岳副總經理--台灣自來水股份有限公司。

B. 工程技術獎：范煥英總工程司--臺北自來水事業處。

C. 學術研究獎：葉宣顯理事--國立成功大學。

(二) 基層工作人員表彰案頒獎人：

A. 營運獎：陳理事長福田

1. 吳永泉工程員兼股長--台灣自來水公司第七區管理處。

2. 朱貴燕股長--臺北自來水事業處。

3. 許添益技術士--台灣自來水公司台南給水廠。

4. 吳安邦課長--台灣自來水公司第八區管理處工務課。

B. 工程技術類：吳理事陽龍

1. 顏政農工程師兼主任--台灣自來水公司第四區管理處大甲營運所。

2. 王世宗工程員兼股長--台灣自來水公司第四區管理處台中服務所。

3. 林信忠工程員兼股長--台灣自來水公司第六區管理處。

4. 朱撼湘正工程司--臺北自來水事業處工程總隊。

5. 高東生股長--臺北自來水事業處。

(三) 服務年資悠久會員表彰案頒獎人：

1. 積滿 45 年者 8 人：郭常務理事瑞華

2. 積滿 40 年者 72 人：藍常務理事炳樟

3. 積滿 30 年者 151 人：王常務理事桑貴

4. 積滿 20 年者 33 人：賴籌備會主任委員永森

(四) 「自來水協會會刊論文獎」頒獎人：李監事會召集人錦地

1. 「供水漏損與水價關係之探討」

得獎作者：藍炳樟

2. 「供水加壓系統節能之最佳化操作及管理」

得獎作者：王銘博

3. 「淨水污泥產製輕質骨材之可行性研究」

得獎作者：黃中和

四、臨時提案：

第 1 案 類別 會務 提案人：祕書長 許培中

案由：本人自從進協會以來，有幸與理事長及各位理、監事共同為本會事務推展而努力，去 (100) 年因本人生涯規劃，向陳理事長簽請辭職案，感謝理事長重用及各位理、監事支持，且因本會業務需要，依決議延長任期一年。如今已屆一年期滿，感謝各位理、監事的支持指導，本人在此再度申請於明(102)年 1 月 15 日退休，並將依本會規定辦理移交事宜，提請討論。

決議：許祕書長對協會貢獻良多，且日文造詣深厚，退休後如有日方人員來訪時，希望能聘請許祕書長擔任顧問，繼續借重其才能，一起共同為協會努力。

第 2 案 類別 會務 提案人：常務理事 賴文正

案由：許祕書長日文造詣及與日方水界之交情深厚，在協會無人能及，為仰賴其長才，於其榮退後仍能對協會有所貢獻，提請聘任許祕書長為顧問，請各位理、監事鼓掌通過。

決議：通過，聘任費用及相關事宜，提下次理、監事會討論。

五、散會：下午 5 時 20 分

中華民國自來水協會 第 45 屆自來水節慶祝大會暨 第 17 屆第 3 次會員代表大會會議紀錄

時間：101 年 11 月 16 日（星期五）上午 9 時

地點：台中市文英館圓夢廳（臺中市雙十路一段 10 之 5 號）

出席人員：慶祝大會出席人數：個人會員及貴賓 560 人

會員代表大會應出席會員代表 321 人，出席會員代表 242 人。

上級長官：總統府吳副總統敦義、經濟部杜次長紫軍

貴賓：經濟部水利署楊署長偉甫、台灣自來水股份有限公司阮董事長剛猛、臺北自來水事業處吳處長陽龍、中區水資源局鍾局長朝恭、日本水道協會專務理事尾崎勝、東京水道服務社社長飯嶋宣雄、台灣體育運動大學蘇校長文仁、臺北自來水事業處王副處長桑貴、臺北自來水事業處陳副處長曼莉、臺北自來水事業處范總工程師煥英、臺北自來水事業處工程總隊陳總隊長錦祥、臺北自來水事業處張主任秘書順莉、臺灣區水管工程工業同業公會吳理事長鉛煌、臺灣區水管工程工業同業公會王總幹事玉麟、臺灣區水管工程工業同業公會謝常務理事肇銘、中華民國自來水協會李監事會召集人錦地

主席：陳理事長福田

記錄：林美智

議程：

壹、中華民國自來水協會第 45 屆自來水節慶祝大會典禮

一、迎賓曲--節目表演：由台中市青年高中音樂科蔡富美主任帶領流行樂團演奏並表演騎馬舞；另由青年高中舞蹈科表演孔雀飛舞及傣族風情舞曲。

二、自來水重要事蹟回顧（以 VCR 方式回顧自來水協會、台灣自來水公司及臺北自來水事業處在自來水工作重要成果與績效，旁白如下）

我們都知道，古今中外萬物和雨水密不可分。台灣雖然雨量豐沛，但仍舊為缺水的國家。要瞭解自來水發展的演進，從劉銘傳挖掘深井開始，歷經巴爾頓興建慢濾廠……直到近代自來水用水的普及，您都可以在臺北自來水事業處的自來水博物館內一探究竟。

在經國先生年代，自來水尚未完全普及。到了 1974 年，民國 63 年台灣自來水公司成立。併入全省 55 個水廠、21 座水庫。一共有 157 個供水系統。平均每日處理的配水量為八百四十八萬噸。自來水管線全長 57,210 公里，大約有 629 萬的用戶，而平均每位自來水的員工，需要服務 1 千 160 位的用戶，由於天然資源的有限，更為了提供量足質優的自來水，自來水公司致力於自來水事業，並在宣導節約用水方面不遺餘力。讓我們看看自來水公司一路走來

的努力：民國 98 年莫拉克颱風災後自來水公司復健工程計畫、自來水復建工程、南化水庫緊急取水工程、澎湖海淡廠、高屏大湖試驗計畫、鯉魚潭給水廠及后豐水管橋供應大台中地區供水等。

自來水界的榮耀—

(1).北水處、(2).安華新店線 1500mm 輸水管潛盾統包工程業獲 101 年度台北市政府公共工程卓越獎及第 12 屆公共工程金質獎、(3).第五屆亞洲自來水事業人力資源發展網絡會議、(4).深溝生態園區、(5).自來水即時監控系統、(6).永續之水與環境共存的生態水廠、(7).自來水公司阮董事長視察第八區管理處、(8).深溝環境教育中心啟用典禮、(9).2012IWA 亞太會議現場、(10).中華民國自來水協會 CTWWA 現場所有參訓人員合影、(12).國際交流人員與自來水長官合影。

三、典禮開始~奏樂

四、恭讀總統賀電文

「中華民國自來水協會陳理事長福田、大會籌備會賴主任委員永森暨全體與會人士公鑒：
欣悉 貴會訂於本(101)年 11 月 16 日舉行第 45 屆自來水節慶祝大會暨第 17 屆第 3 次會員代表大會，特電致賀。至盼賡續發揮組織效能，強化優質專業服務，落實節約資源理念，裨益國計民生福祉，共同為建構『愛水、惜水』之綠色家園貢獻心力。敬祝活動圓滿成功，諸位健康愉快。

馬英九

中華民國 101 年 11 月 1 日」

五、主席致詞（陳理事長福田致詞）

吳副總統、經濟部杜次長、水利署楊署長、台水公司阮董事長、臺北自來水事業處吳處長、體育運動大學蘇校長、理監事召集人、日本水道協會專務理事尾崎勝先生、東京水道社社長飯嶋宣雄先生、各位自來水先進、各位理監事、各位會員代表、各位媒體朋友，大家早安。大家好。

今天是我們自來水界的盛會，除了慶祝第 45 屆自來水節，也是第 17 屆第 3 次會員代表大會，首先我謹代表協會，向吳副總統於公務繁忙，日理萬機之際，仍然親臨大會指導，關心台灣自來水事業的發展，致上最崇高的敬意。其次，對於各位遠道而來的貴賓共襄盛舉，表示感謝。另外，藉此機會，對各位先進多年來提供質優量足的自來水，為用戶、產業、國家付出的卓越貢獻，表示衷心的感佩。

自來水系統是福國利民的公用設施，因為自來水是生命之所需，生存之所依，生活之所靠。近年來我們面對極端氣候的時代，旱澇迅速交替，災害頻率愈來愈高，災害規模也愈來

愈大，氣候變遷已然成為全世界必須共同面對的嚴肅課題。尤其去年撼動全球的日本 311 地震，歷經一年多來的重建，日本水界在天災中汲取經驗，在危機處理上獲致不少應變之道，獲得國際的尊敬與讚賞，我們台灣與日本同處地震帶，今天很榮幸邀請日本水道協會專務理事尾崎勝先生專題演講「防止漏水及耐震化的對策」，共同分享日本水界災後重建的寶貴經驗，本協會時時心懷感激，永誌不忘。

自來水協會身為國際水界的一份子，一直與世界接軌，並交換彼此的技術與管理經驗。記得去年日本東京舉行的 ASPIRE 會議，本人有幸與台灣自來水界組團與會，在技術交流推展觀光，於促進台日友誼方面可謂誠摯前往，滿載而歸。今年 9 月 16 至 21 日，國際水協會 IWA 雙年會，在韓國釜山舉行，本會除了在場的葉宣顯理事及駱尚廉理事出席與會，另外有多位菁英發表論文，展現台灣各界在水領域範圍內卓越的成果，今後仍拜託產、官、學各界繼續提供寶貴的經驗，讓台灣成為國際自來水界的福爾摩沙。

今年本協會積極與水利署合辦施工人員訓練，要求管線施工者必須取得訓練證書，取得工作證方可施工，這對全台灣自來水施工品質助益良多，再則，本會也相當重視器材檢驗，在去年 7 月通過 ISO/IEC17020 TAF 檢驗機構認證，以及今年 5 月通過財團法人國家認證基金會 TF 延展評鑑合格，在在說明本會竭智盡心，致力於自來水工程品質的向下紮根、往上結果。

本屆大會的主題--水的管理，旨在於促進更多的智慧交流，激起自來水界的創意活水，另外期望配合政府的黃金十年願景，從上游到下游整體規劃，不僅垂直連貫，亦求水平整合，為我們台灣自來水鋪陳一道七色彩虹，亮麗國際水界的天空。本次大會承蒙台灣自來水公司第四區管理處賴主任委員及全體籌備委員，還有工作小組人員的辛勞，本人謹代表協會致上誠摯的感謝，另外也敬祝各位貴賓健康快樂，身體健康、平安快樂、家庭幸福，也祝大會圓滿成功，謝謝各位。

六、長官致詞（恭請吳副總統致詞）

慶祝大會主席陳理事長，也是台灣自來水公司陳總經理，經濟部杜次長、水利署楊署長、台灣自來水公司阮董事長、尾崎勝專務理事、東京水道服務社飯嶋宣雄社長、蘇校長、籌備會賴主任委員以及臺北自來水事業處吳處長、李召集人錦地，各位自來水處及各地自來水產業勞苦功高的好朋友們，大家早安、大家好。

剛才聽到馬總統致貴會賀電文，總統因為擔任過台北市市長，在總統任內，他時時刻刻對從事自來水事業各個領域的工作夥伴，都常懷肯定跟感謝的心情，所以今天我告訴我今天會回到台中，他特別除了賀電以外，要我轉達他對於在座每一位，還有在這個時刻在台灣各地從事自來水工作的每一個工作同仁，要表達最誠摯的感謝跟問候，也祝大家工作順利，

一切成功。

至於我跟自來水，當然跟每一個人一樣，一天都無法脫離，但是實際上最了解自來水工作的辛苦跟重要性，是我踏入社會擔任新聞記者一年多後，擔任台北市議會議員開始，比較接觸自來水業務，等到民國 70 年我回到我的故鄉南投縣擔任縣長，依照慣例我成為自來水公司董事，所以實際上我今天等於回到我原來擔任自來水公司董事的地方。

在高雄擔任市長，七區也對高雄地區作出很多的貢獻，當然我也為自來水事業同心協力去做，要求中央政府與台灣省同力合作興建南化水庫，並且以最嚴謹、最務實的態度，每個禮拜在禮拜一的市政會議一定要聽取上個禮拜我所派的由建設局局長帶著人馬從南化水庫開始走 109 公里省道、縣市道及鄉道，看看哪些埋管工程遇到障礙，然後禮拜三開中常會時候，請當時省政府主席連戰先生幫忙克服這些困難，禮拜四行政院會剛好坐在隔壁，他就會寫一個條子「敦義市長吾兄，昨日囑辦之事，業經要求台南縣或台南市或省公路局充分配合，業已排除障礙，敬請放心」。我每個禮拜都這樣做，所以當南化水庫落成啟用之日，也就是 109 公里的輸送水直徑 2.2 公尺運水管完成，送到澄清湖淨水場供應給高雄地區 48 萬噸水，供應台南市及大高雄地區，才讓高雄地區沒有缺水，我心理面才了解自來水的重要性，所以我今天一定要來跟大家表達最高的敬意，因為陽光、空氣與水，都是生命之所需。

現代人說油也很重要，油價如漲大家都難免不高興，最好用油不用錢，最好不要漲價，電也一樣，這中間事實上對水價最委屈，但大家最認真，剛才請教阮董事長現在水價平均 1 度 10.1 元，基本上台灣水的供應是真正便利民生，讓我們國民生活能夠在比較低的水價，而超高品質的自來水充分供應這樣的情況，來跟民眾共同打拼，所以我對自來水事業從事人員都內心非常感激。

剛才阮董事長說這 2、3 年天氣都算不錯，尤其是去年有風無颱，有水無災，這個在台灣來講是不容易出現的。其實去年大概 5 月初，也面臨一個很艱苦的威脅，就是一方面進入汛期要防水災，但是 4 月沒什麼下雨，到 5 月時楊署長特別跟總統報告，希望在總統府召開一個抗旱防汛重要會議。但是老天實在幫忙，總統在禮拜三聽取會議後，禮拜四下午我坐專機到嘉義，好消息來了，那天到了水上機場，我就請隨同到嘉義的黃重球次長打電話問石門水庫管理處，下了幾個小時的雨，進帳 700 萬噸，問南化水庫及德基水庫都分別進帳，結果一場雨最重要都下在給水區，都在要入水庫之上、中游給水區。

所以我常講，只要我們同心協力，只要我們有備無患，讓自來水能充分供應，讓自來水能夠求品質的好，安全、衛生、可口、美味，然後又能夠求服務品質的優美，包括漏水率要有效的降底，包括服務的水準要不斷的提升，讓真誠、效率、同理心成為我們所有政府部門或者任何公營事業念茲在茲的行動準則。這樣我們自來水的供應就能夠更得到國民的支持、

愛護跟配合。剛才我提早 10 分鐘來看了一些新的，或者正要引進的，或者正要採用，與自來水有關的儀器或設備，我看了很欣慰，這說明自來水界，包括中華民國自來水協會從理事長到今天籌備會第四區管理處賴主任委員非常用心，還有非常歡迎包括今天來自日本，還有各地自來水界的先進能夠參與盛會，今天還有表揚有功、有貢獻的自來水產業的各位好朋友，無論是民間企業，或者是政府部門，我們都要再一次給予熱烈的掌聲。

最後，我要特別謝謝我們作為大會主席的陳理事長，剛才剛猛兄告訴我陳理事長 63 年大學畢業就進來自來水公司，可以講是堅守崗位，兢兢業業數十年，為自來水做出很大的貢獻，像經濟部杜次長，本來就是非常傑出的工業局局長，對於各種相關自來水業務、產業方面盡很大的力量，所以這次榮陞次長職務，對於工業上面及自來水重要民生產業都全力協助。而水利署楊署長在八八水災之後，我到行政院去工作，他同所有水利署及自來水公司全體同仁日夜打拼，不但把過去一年疏濬平均二千五百萬立方，用無限制的目標，日以繼夜加上國軍共同努力，開創一年多就破一億五千萬立方，而且很多進水口也都是經過有效的疏濬之後，能夠維持淨水攔河堰的順暢跟安全，讓自來水的供應無缺，這些都是非常了不起的。希望自來水公司在阮剛猛董事長，年輕的老縣長、傑出的法官、豐富的閱歷跟經驗來共同奮鬥，在陳總經理全心全力的奉獻之下，也包括台北市吳處長的努力，都能夠為民眾做最好的服務。我要以一首詩，一方面祝賀陳理事長，因為這裡面有「田」、有「水」、有「清」字，因水一定要清，要有活水，要把水集合的田變成一畝又一畝的田，這首詩它的原文是「半畝方塘一鑑開，天光雲影共徘徊，問渠那得清如許，為有源頭活水來。」

這首詩裡頭半畝方塘就是指面積不大的水池，一鑑開就是天空非常晴朗，視野很開闊，天光雲影共徘徊表示水很清澈，如果問水怎麼那麼清澈？為有源頭活水來。所以我希望自來水公司、自來水事業能夠尋找到最好活水的源頭，然後經過共同的努力，讓全台灣所有自來水的淨水場或攔河堰給水水庫都能夠天光雲影共徘徊，都非常清澈，然後問渠那得清如許，即源頭活水。前面那個「半畝方塘一鑑開」改為「萬畝福田一鑑開」，意思是台灣每一個自來水的淨水場、給水庫都像萬畝福田一鑑開，天光雲影共徘徊，問渠那得清如許，為有源頭活水來。祝大家健康快樂，謝謝！

七、長官致詞（杜次長紫軍致詞）

這次大會籌備會的賴主委、楊署長、吳處長、各位貴賓、自來水協會的各位理監事、各位會員代表、各位女士、各位先生，大家早安、大家好。

個人非常榮幸代表經濟部施顏祥部長，來出席今天的自來水節以及自來水協會的會員大會。跟各位報告，我在 18 歲以前沒有用過自來水，因為我住屏東，各位都知道，屏東雖然有自來水廠，但是因為屏東的地下水比較豐富，而且當時在 30 幾年前自來水普及率並不高，所

以我們一直都用地下水，地下水的特徵就是硬度非常高，而且還有些氧化物，所以家裡自己都要有過濾池，過濾池砂紙要經常更換，因會有紅色的氧化體出現，當我到台北念大學的時候，我才第一次接觸到使用自來水，我才了解到一個現代化國家自來水供應的重要性。一直到我念研究所的時後，上環境工程概論時，我才學習到自來水供應系統是從水源開發，到好的水源的供應，一直到淨水、一直到供水等等。我還記得那時候教我的老師，非常有活力每天穿著短褲來上課--駱尚廉教授，非常謝謝駱教授當時帶給我自來水的一些知識，讓我學習到、瞭解到自來水的重要性。

我想自來水，剛才副總統特別提過是生活中每天所需要的必需品，各位或許都想不到，全世界許多國家造成嬰幼兒死亡的最大原因不是疾病，而是沒有乾淨的飲用水所造成的問題，所以其實乾淨的自來水，是一個現代化國家最重要的指標。因此我們台灣目前有超過 90% 以上自來水普及率，但是我們仍然有少數的地方，包括山區或者是偏遠地區，因為距離的關係、工程的關係、成本的關係，沒有辦法全面供應，因為台灣畢竟有超過五成以上是屬於山地，但是我們仍然希望能夠用一些替代的方式，包括簡易自來水，或其他必要的可用的淨水設備，能夠來讓全民都有機會使用到自來水。

同時我們自來水也面臨到效率、漏水率過高的情形，還是希望所有從事自來水工作同仁，在未來的時間能夠逐年用有限的資源，慢慢降低漏水率，因為要逐年投資替代老舊的管線，才能達到目標。最後要對所有參與自來水工作的同仁表示最高的敬意，因為其實我們常講在我們生命中可以來幫助我們的人都是活菩薩，在各位的工作上，各位能夠提供我們的全民每天早上起來打開水龍頭，有乾淨穩定的自來水供應，能夠讓我們的生活舒適，讓我們健康常保，各位其實就是全民的活菩薩，所有的民眾都應該感謝各位在這個工作上所提供的貢獻，那麼預祝大會順利成功，各位事業順利，身體健康，謝謝大家！

八、籌備會主任委員致詞（台灣自來水公司第四區管理處賴經理永森）

大會主席陳理事長、吳處長、李老師、蘇校長、日本來的好朋友、各位理監事、各位會員代表、各位自來水從業前輩，大家早、大家好。本人謹代表這次籌備委員會非常歡迎大家百忙之中來參加這自來水節第 45 屆盛會，也感謝本次的籌備委員，還有我們的工作同仁能夠把今天的大會圓滿，能夠做好，我跟各位都是同樣的期望。在這裡也是繼續感謝各位對協會的支持，也祝這次大會能夠圓滿成功，謝謝各位！

九、頒獎

（一）頒發一級主管重大貢獻獎共 3 位：

營運管理類獎：台灣自來水股份有限公司副總經理林岳。

工程技術類獎：臺北自來水事業處總工程司范煥英。

學術研究類獎：國立成功大學理事葉宣顯。

請台灣自來水公司阮董事長剛猛頒獎。

(二)頒發基層工作人員重大貢獻獎：

營運類獎：台灣自來水公司第七區管理處工程員兼股長吳永泉、臺北自來水事業處股長朱貴燕、台灣自來水公司台南給水廠技術士許添益及台灣自來水公司第八區管理處工務課課長吳安邦等 4 位。

請理事長台灣自來水公司陳總經理福田頒獎。

工程技術類獎：台灣自來水公司第四區管理處大甲營運所工程師兼主任顏政農、台灣自來水公司第四區管理處台中服務所工程員兼股長王世宗、台灣自來水公司第六區管理處工程員兼股長林信忠、臺北自來水事業處工程總隊正工程司朱撼湘及臺北自來水事業處股長高東生等 5 位。

請理事臺北自來水事業處吳處長陽龍頒獎。

(三)頒發資深服務人員獎：

1.表彰服務年資滿 45 年資深人員，服務年資滿 45 年人員計有黃玉娥等 8 位，請夏雪梅、林秀華等 2 位代表接受表揚。其餘未上台同仁亦請起立，讓我們一同為您鼓掌，謝謝這 8 位前輩多年來對自來水工作的付出與貢獻。

請郭常務理事瑞華頒獎。

2.表彰服務年資滿 40 年資深人員，服務年資滿 40 年人員有彭瑞基等 72 位，請李王貴、李明恭、郭建華、黃明燦等 4 位代表接受表揚。其餘未上台同仁亦請起立，讓我們一同為您鼓掌。

請藍常務理事炳樟頒獎。

3.表彰服務年資滿 30 年資深人員，服務年資滿 30 年人員共有塗世瑛等 151 位，我們請吳榮煌、陳清香、吳潮鴻、許慶章等 4 位代表接受表揚。其餘未上台同仁亦請起立，讓我們一同為您鼓掌。

請王常務理事桑貴頒獎。

4.表彰服務年資滿 20 年資深人員，服務年資滿 20 年人員共有王錫章等 33 位，我們請鄭福成、王貴榮、吳惠珍、魏雨酬等 4 位代表上台受獎。其餘未上台同仁亦請起立，讓我們一同為您鼓掌。

請籌備委員會賴主任委員永森頒獎。

(四)頒發自來水協會會刊論文獎：

1.論文題目：供水漏損與水價關係之探討。

得獎人員：台灣自來水公司張敬悅、李丁來、藍炳樟，由張敬悅代表受獎。

2.論文題目：供水加壓系統節能之最佳化操作及管理。

得獎人員：臺北自來水事業處王銘搏、李育樟，由王銘搏代表受獎。

3.論文題目：淨水污泥產製輕質骨材之可行性研究。

得獎人員：中華輕質骨材協會王順元、陳豪吉、顏聰、黃中和以及台灣自來水公司林正隆、洪世政、吳美惠，由黃中和代表受獎。

請李監事會召集人錦地頒獎。

十、專題演講：漏水防止及自來水設施的地震對策

主講人:日本水道協會專務理事尾崎勝（40 分鐘）

陳理事長、各位貴賓，大家早安：

我是日本水道協會專務理事尾崎勝。很高興中華民國自來水節慶祝大會，今天在臺中這麼盛大地舉辦。首先，我衷心向臺灣（中華民國）的朋友們表達感謝之意。在去年 3 月 11 日發生東日本大地震之際，即時大力提供救援及捐助的溫暖支援。對此，我再度表達感謝之意。地震已經過一年八個月，雖然面臨不少困難，但因有各位溫暖的協助，全力邁向災後重建。在臺灣（中華民國），興建近代自來水系統後，已經過了 110 多年之久。在各位努力建設的自來水，至今成為支撐臺灣社會經濟發展的重要生命線，由臺北自來水事業處與台灣自來水公司提供超過 2 千萬人口給水服務，這是全球值得驕傲的事。再加上，中華民國自來水協會舉辦這麼盛大的自來水節大會，也是非常有意義的活動。

今天給我這個機會在自來水節大會報告日本的經驗，是件非常光榮的事。在此要向陳理事長及在座自來水友好先進表達由衷的謝意，謝謝。

簡報內容：

(一)漏水防止對策

1.漏水防止的必要性與基本想法

(1)有關水源

(2)社會責任

(3)日本政府對漏水防止對策的指導

2.漏水防止對策的實施

(1)漏水防止對策的體系

(2)即時性對策

①使用聽音棒的漏水調查

②時間積分式漏水發現器

(3)預防性對策－不鏽鋼給水管的採用

(4)漏水防止對策的效果

①漏水率的變遷（東京都）

(二)自來水設施的地震對策

1.東日本大地震（2011 年 3 月 11 日）的概要

(1)地震的概要

(2)海嘯的概要【浸水、遡上高度】

2.東日本大地震後的自來水設施損害狀況

(1)停水戶數的變遷

(2)地震損害構造物狀況

①高架水槽倒塌狀況

②沉澱池、配水池的損害狀況（較為輕微）

(3)地震損害管線狀況

①伸縮可撓管的損害狀況

②延性鑄鐵管的損害狀況

(4)海嘯侵襲損害狀況

①橋樑附掛管的損害狀況

②淺水井的損害狀況

(5)液化所損害狀況

①沈澱池的損害狀況（漏水）

②伸縮可撓管的接頭脫離狀況

③管線損害狀況

(6)本地震損害的特徵及日後的課題

①地震損害構造物的特徵及課題

②地震損害管線的特徵及課題

③海嘯侵襲損害構造物之特徵及課題

④地盤液化所損害之特徵及課題

3.管線的耐震化（耐震管的結構與特徵）

(1)以地盤變位耐震接頭的拉伸

(2)附加防脫功能的接頭

(3)耐震管的類型

(4)第二世代的耐震管

(5)第三世代的耐震管

4.耐震化的基本想法

我的簡報到此，但最後想要向各位報告。中華民國自來水協會與日本水道協會，長期以來透過資訊交換及研修活動，持續人才與技術的交流，建立密切的友好關係。我衷心盼望，未來進一步加強交流，互相協助發展自來水。謝謝各位聆聽！

十一、禮成（恭送長官）

貳、第 17 屆第 3 次會員代表大會

一、理事會工作報告（請參閱大會手冊書面資料）。

二、監事會工作報告（請參閱大會手冊書面資料）。

三、討論提案

編號：第一號（會計） 提案人：理事長 陳福田

案由：為提報本會 100 年度歲入、歲出決算書，敬請追認通過。

說明：一、本會 100 年度歲入、歲出決算，業經本會第 17 屆理、監事會第 2 次聯席會議決議通過，並經送請本會同屆監事會第 1 次會議審查通過，復依規定先以 100.3.19（101）國水協會字第 000044 號函報內政部核備。

二、依照內政部訂頒「社會團體財務處理辦法」第十三條及本會章程第三十五條規定，提請大會通過。

辦法：檢附本會 100 年度歲入、歲出決算書一份，敬請追認通過。（請參閱第 48~58 頁）。

審查意見：無

決議：照審查意見通過並函報內政部核備。

編號：第二號（會務） 提案人：理事長 陳福田

案由：為提報本會 102 年度事業計畫（工作綱要）草案，敬請討論通過。

說明：一、本會 102 年度事業計畫（工作綱要）草案，業經本會第 17 屆理、監事會第 8 次聯席會議審議通過。

二、依照本會章程第二十三條第二款規定，應提會員代表大會通過實施。

辦法：檢附本會 102 年度事業計畫（工作綱要）草案一份，敬請通過以便實施。（請參閱第 59~64 頁）。

審查意見：無

決議：照審查意見通過並函報內政部核備後實施。

編號：**第三號**（會計） 提案人：理事長 陳福田

案由：為提報本會 102 年度歲入、歲出預算草案，敬請討論通過。

說明：一、本會 102 年度歲入、歲出預算草案，業經本會第 17 屆理、監事會第 8 次聯席會議審議通過。

二、依照本會章程第二十三條第四款規定，應提會員代表大會通過實施。

辦法：檢附本會 102 年度歲入、歲出預算草案一份，敬請通過以便實施。（請參閱第 66~75 頁）。

審查意見：無

決議：照審查意見通過並函報內政部核備後實施。

編號：**第四號**（人事） 提案人：理事長 陳福田

案由：為適用勞動基準法第 54 條勞工退休年齡規定為六十五歲，本會檢驗員退休年齡，應依法修改年滿六十五歲，敬請討論通過，以便實施。

說明：一、100 年 6 月 29 日修正勞動基準法第 54 條勞工退休修訂年滿六十五歲。本會會務工作人員管理辦法第三十六條第三項由於本會檢驗人員工作性質特殊，危險性高，其年滿六十歲者應予退休，爰予刪除。

適用勞動基準法後之服務年資，依會務工作人員管理辦法應發給之退休金，得含本會依勞工退休條例按月提繳至勞工退休金個人專戶之金額。

二、本修正條文業經本會第 17 屆理、監事會第 6 次聯席會議決議通過並送請大會討論。

辦法：提請討論通過後，修正會務人員管理辦法，以便遵循。

審查意見：無

決議：照審查意見通過並函報內政部核備後實施。

四、臨時動議

臨時提案 提案人：理事長 陳福田

案由：修改本會會務工作人員管理辦法第四條，新進會務工作人員其年齡不得超過六十五歲，秘書長為理事長遴聘不在此限，提請討論。

說明：一、本會秘書長遴聘資格須具有高等考試或相當高等考試及格、曾任荐任或相當荐任六職等以上之經歷、曾任社會團體組長以上職務滿五年及自來水事業相關專業領域等專才。

二、本會會務工作人員管理辦法第四條，新進會務工作人員其年齡不得超過六十五歲，前項年齡之計算以戶籍登記之出生年月日為準。

三、爰增秘書長為理事長遴聘不在此限。

辦法：提請討論通過後，修正會務工作人員管理辦法，以利遵循。

審查意見：無

決議：照審查意見通過並函報內政部核備後實施。

參、散會：中午 12 點