

ISSN 1025-7683

中華民國自來水協會會刊



白

來

水

第21卷 第4期 (84)

中華民國九十一年十一月



**WATER SUPPLY QUARTERLY**

Volume 21 NO.4 November 2002

Water Works Association of the Republic of China (Taiwan)



9 771025 768008

# 自來水會刊第二十一卷第四期⑧目錄

## 專門論著：

自來水管線震害災損分析……………李崇正 …… 3

## 實務研究：

我國水源保護區劃設現況與因應對策……………許明華、黃妙如 …… 26

## 一般論述：

六個標準差與水量計維修管理資訊系統……………林連茂 …… 53

管網系統水質維護與管網分析……………薛志宏 …… 60

倒極式電透析（EDR）廢水再生系統在井水脫鹽  
技術上的應用……………夏工傑等三人 …… 68

## 他山之石：

出席“第十屆創新技術研討會  
（Emerging Technologies）”報告……………葉宣顯 …… 81

## 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季刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與你、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地等文稿。
- 三、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限。
- 四、本刊原則上不轉載譯文或已發表之論文。
- 五、「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1~2人審查。「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。「協會與你」則報導本會會務。
- 六、惠稿請用稿紙繕正，如有圖表，請以黑墨繪製以便製版，其大小應顧及刊發後版面之清晰程度，所有圖表及照片以原件為佳，皆應附簡短說明，並依在文中出現之次序分別編號。
- 七、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。
- 八、惠稿請註明真實姓名、通訊地址、服務單位及撰稿人之學經歷簡介與1吋照片一張，以利刊登，來稿文責由作者自負。
- 九、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿1200元/千字，「業務報導」為800元/千字，其餘為500元/千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者500元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 十、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十一、本會刊內容自88年5月⑩期起已公布於台灣省自來水公司全球資訊網站（www.water.gov.tw）歡迎各界參閱。

## 自來水會刊雜誌

發行所名稱：中華民國自來水協會

發行人：陳廉泉

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員：陳榮藏

委員：劉家堯 陳梓濱 張順興 李泰雄 史午康 葉宜顯 蔣本基 廖述良 康世芳

謝永旭 陳重男 沈進宏 曾浩雄 李輝雄 林顯華 蘇金龍 李丁來 林孟臻

秘書：李丁來

總編輯：劉廷政

傳真：(02)25042350

電話：(02)25073832

副主任委員：劉廷政

編輯：林孟臻 李丁來

校對：古貞苓

電話：(04)22244191轉222

印刷：威文彩色印刷公司

地址：台中市工業區23路2-1號

電話：(04)23586977

出版地址：臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登寄證局版台誌字第2995號

中華郵政北台字第0473號執照登記為雜誌交寄

# 自來水管線震害災損分析

李崇正\*

## 摘要

自來水系統新舊管線雜陳，耐震能力各有不同，無法避免設置於地質災害潛能高的地區。龐大的管線系統經年埋置地下，也無法仔細檢視及評估，平常的維護工作，對管理者也是一個很大的挑戰。由九二一集集地震及日本阪神地震的慘痛教訓，顯示管線在耐震方面的脆弱性。爲了減少地震時管線損壞的風險，檢討各類管線的耐震能力及對策是防、救災重要的一環。本研究收集地震時自來水管線國內外受損的資料，根據霧峰鄉、埔里鎮及員林鎮的災損資料，提出適合國內不同地質條件的自來水管線災損率預估的公式，可供震災情境模擬輸入的基本資料，對不同地區管線未來發生地震時，可能災損的情況能預先掌握並作事前周全的搶救計劃。

## Abstract

The water pipelines and the related facilities are often buried underground in the different time. Maintenance of a pipeline

system is considerably difficult because of difficult routine inspection on them for the authority in charge of the pipeline. Earthquakes will cause ground displacement around the buried pipelines and affect the pipeline stability. When utility system operators are planning a seismic retrofit or upgrade program for an existing system, an evaluation of the potential losses (e.g., direct repairs costs and temporary system outages) due to future earthquake is often the first task. The seismic damage types and characteristics of the buried pipes for three townships are collected and studied for the Chi-Chi earthquake in the paper. The repair rates of water pipe line at different soil conditions are proposed for an evaluation of potential pipeline loss in future earthquakes.

## 一、前言

維生線網絡 (lifeline network) 是連結居民、各種民生服務設施及資源間的橋樑，它包括上下水系統、電力及通訊系

\*國立中央大學土木工程學系副教授

統、瓦斯及油品管線系統、交通運輸系統等等，是現代社會一日不可或缺的必需品。廣義而言，維生線系統包括上游的供給設施，例如通訊機房、電廠、水庫、淨水設施等資源的提供者。這些設施通常投資規模相當的龐大，選址都避免佈設於天然災害頻繁的地區，也經過許多的風險評估及詳細設計，大部分都具備有適宜的耐震能力。相反的，資源的集散及流通則依賴埋置於地下的各式管線系統來達成。自來水管線更是現代生活最重要的維生管線。

自來水管線隨著都市化的過程，逐漸的發展及更新，逐年逐步的分散在都市的每個角落。不同年代的系統，耐震設計的標準並不同，使用的材料、施工方法及管線接頭也不相同。因此，一個大都市的自來水系統，新舊雜陳，錯綜複雜，耐震能力各有不同；也無法避免設置於地質災害潛能高的地區，而龐大的管線系統經年埋置地下，更無法仔細檢視及評估，縱使平常的維護工作，對管理者也是很大的挑戰。由九二一集集地震<sup>[1、2、3]</sup>及美、日兩國過去地震造成維生管線災損的統計分析<sup>[4]</sup>，顯示在都市裡自來水管、污水管及自來瓦斯管線最容易受到破壞，也最直接衝擊到災區人民的生活品質、健康及救災的效率。

當地震襲擊都市化的地區時，由於自

來水管線互相連接及地理上散布各處的廣域特性，必然會損壞網絡般的管線，造成連鎖反應，導致相當廣大地區服務的中斷，短期造成災民生活的不便及健康的威脅，更可能造成救災的遲延和生命、財產更重大的二次災害；長期而言則可能造成災區復建工作進度遲緩。例如自來水管破裂或漏水，造成斷水，消防用水無法運作時，如果發生火災將無法滅火，造成嚴重的二次災害及救災的延遲。

從減災及救災的角度，在設計地震情況下管線負責管理單位有必要預先對既存管線可能發生災變的景象有所掌握，提出最有效的替代方案紓解災害，並能預先進行演練，掌握救災的時機，避免系統營運停頓；另外從防災的角度，在平時應逐年擬定管線改善計劃，管線區塊化、複數化、環狀化，減少局部損壞造成大範圍系統的停頓、逐年降低管線地震災害的風險。

本文針對自來水管線，收集國內外地震受損資料，建議國內自來水管線在不同地質條件的災損率預估的公式，可供震災情境模擬時輸入的基本資料，使管線管理單位對未來發生地震時管線可能災損的情況能預先掌握，並提出對策。

## 二、地震時自來水管線破壞的原因及模式

鄰近自來水系統地區發生地震時，必然對送水管線造成衝擊。愈近斷層位置的管線受到的損害也愈大，但有時受到區域地質的影響，雖然遠離地震斷層，但遭受的災害仍然很大。地盤震動的特性可以利用最大地表加速度（PGA）、最大地表速度（PGV）、反應譜（Response spectra）及地盤永久變位（PGD）來描述。另外地震造成地盤的破壞包括土壤液化（Liquefaction）及液化所造成的側向滑移（Lateral spreading）。這兩種地盤破壞會造成地盤垂直沉陷、側向位移或兩種變位同時發生。一般而言，由液化或側向滑移所造成的變位都較由震動所造成的為大，會對管線造成衝擊。另外地震造成的山崩、雪崩或土石流也會造成管線重大的危害。下面就地震時造成地下管線破壞的原因簡要說明如下：（1）地震波在地層中傳播會造成土壤的暫態變形，管線會因地盤的暫態變形而造成破壞。通常此種變形造成的破壞主要跟尖峰水平地盤速度（Peak horizontal ground velocity, PGV）有關。（2）地滑造成土體的永久變形，會對沉埋管線造成嚴重的損壞。地盤滑動對埋設管線的影響程度通常利用地盤永久變位（Permanent ground displacement, PGD）來表示。（3）土壤液化造成地盤大量的永久沉陷或變形。此種地盤破壞的模式包括壩體邊坡流動破壞，堤防或擋土設施側滑

破壞，地盤及道路龜裂、沉陷及水平位移，造成橋樑及建物基礎沉陷，不均勻沉陷也會造成各式基礎的傾斜甚至破壞；另外輕型沉埋結構物也會因孔隙水壓力上升而浮起等等。由以往的震害資料顯示位於液化區的管線受害相當嚴重。液化引致的管線破壞以地盤永久變位（PGD）來表示。（4）位於鬆軟土層與較堅硬土層過渡區之管線，會因差異沉陷而造成沉埋管線破裂。例如管線進入人孔、建築物及水塔，都容易受到差異沉陷的影響。此種變形利用地盤永久變位（PGD）來表示。（5）地表斷層的破裂會造成局部的地盤永久變位，對沉埋管線造成重大的損壞。這種斷層引致的地盤變位也是利用地盤永久變位（PGD）來表示。斷層的位移方向如果使連續的焊接鋼管主要發生張應變，而沒有彎曲及壓縮應變時，由於鋼管具有較佳的延展性，因此對鋼管的損害較輕微；但是斷層的位移方向如果使鋼管產生壓應變，則較容易造成較薄的管壁產生皺紋及累積局部的應變產生管線挫曲。維生管線埋置愈深，覆土應力愈大，周圍土壤的摩擦力愈大，因此管線受周圍土壤的束制愈大，因此受損也愈嚴重。穿越斷層的管線，儘量在靠近斷層的部分避免有彎管、局部束制的結構及避免使用搭接的管線，如此的設計可以將斷層的位移均勻分布於整個管線。但是太大的斷層位移則仍然無

法避免管線破壞。(6)愈老舊的管線，管線鏽蝕愈嚴重，地震時愈容易受到損害。

綜合上述管線破壞的原因，包括地震造成的地盤永久變形(Permanent ground deformation)及地震波在地盤傳佈的地盤暫態變位(Transient ground deformation)。地盤永久變位包括斷層造成的地表抬升、斷落及側移、山崩、液化、壓密沉降等。暫態變位則屬於地盤的受震反應，不同工址有不同的反應。這兩種地盤變位都會造成：(1)管線接頭兩端的相對位移超過接頭材料允許的相對位移(2)管體之應力超過材料的強度(3)地盤永久位移，造成管線接頭破壞及引起管線大變形。(4)斷層滑動造成管線斷裂。目前國內外常用管線災損率(Repairs per unit length)來評估管線受損的程度，如果管線主要是由地盤破壞所造成者，則利用PGD來建立單位長度災損率經驗公式；而管線如果是由地盤的震動所造成者，則利用PGV來建立單位長度災損率經驗公式。

### 三、九二一集集地震自來水管線破壞情況

1999年9月21日上午1時47分，台灣地區發生「九二一集集大地震」，震央位於北緯23° 85'、東經120° 81'，即南投縣日月潭西偏南12.5公里，震源深度約7公

里，屬淺層地震，地震規模為芮氏規模7.3。本次地震造成台灣中部地區嚴重災情，除了土地破裂隆起，房屋與橋樑倒塌損毀之外，下水道、天然氣、電力、電信、輸油管線等地下維生系統柔腸寸斷，除造成災區居民的生活極度不便，受災城鎮的都市機能明顯下降，並嚴重影響救災工作進行。下面就自來水管線的破壞型態作簡要的說明。本次地震造成給水管線受損統計如表1所示<sup>[2、3]</sup>，歸納管線損壞型態主要有下列幾種情形：(1)鋼管破損折斷、PVC管線折斷、拉長、受壓內縮。(2)管路大部分接頭脫落，管體折斷、扭曲。(3)水管橋及橋樑附掛管線因橋台移動，伸縮接頭扭曲，給水管斷裂。(4)接用戶給水管破損漏水相當普遍，尤其以止水栓及分水栓等接頭處之損壞最多。由表1的災損情況可以發現管線受震動破壞及受地盤永久變位而導致破壞約各占百分之五十。

國內自來水管的材質常見的有下列幾種：(1)聚氯乙烯管(PVCP)(2)鑄鐵管(CIP)(3)延性鑄鐵管(DIP)(4)石棉管(ACP)(5)玻璃纖維管(FRP)(6)聚乙烯管(PEP)(7)聚丁烯管(PBP)(8)銅管(CP)(9)預力混凝土管(PSCP)(10)鋼管(SP)(11)不鏽鋼管(SSP)。一般自來水管線可分為：(1)用戶給水外線，管徑在50mm以下，

通常利用水表為分界，下游部分稱為內線，由用戶自行維修；而外線則屬水公司維修的範圍。(2) 配水管線，管徑在50mm -250mm間。(3) 輸水管線(300mm-2600mm)。台灣地區的輸送配水導管以PVC P與無襯砌預力混凝土管(PSCP)為主體，而台北地區的管線則以鑄鐵管(CIP)為主。而用戶用水管線則以聚丁烯管(PBP)及聚氯乙烯管(PVCP)為主。圖1是台灣省自來水公司在九二一地震震害區各主要管材的佈設長度的統計資料，顯示用戶給水外線(管徑50mm以下)絕大部分為PVCP，而輸配水管線(管徑50mm以上)仍然以PVCP佔最大宗。用戶給水外線與輸配水管線長度的比值則為1:8.16。

#### 四、自來水管線災損率

自來水管線災損率(repair rate, RR)的計算是以地震後管線損壞點數除以管線佈設總長度(repairs / km)。地震後自來水管線的復舊通水是最重要的工作，損壞點數量的估算，通常隨著不同地區、不同地盤、不同地震而有相當大的出入及差異。由震後管線調查發現，影響管線災損率有下列幾個重要的因素：(1) 地盤永久變位愈大，災損率愈高；(2) 地盤震動愈大，災損率愈高；(3) 管線材質具延展性，災損率較低；(4) 剛性接頭較

柔性接頭災損率高；(5) 連續的管線較分段的管線有較佳的抗震能力；(6) 鏽蝕材質的管線增加災損率；(7) 管線尺寸愈大，災損率愈低；(8) 具腐蝕管材的土壤會增加災損率，埋置於軟弱土層的管線災損率也較高。

Katayama 等人<sup>[5]</sup>利用1923年日本東京大地震(Tokyo earthquake)、1948年日本福井地震(Fukui earthquake)、1964年新瀉地震(Niigata earthquake)、1968年大阪地震(Tokachi-oki earthquake)、1972年馬拿瓜地震(Managua earthquake)以及聖佛南度地震(San Fernando earthquake)量測的PGA (Peak ground acceleration)來統計管線的災損率。但是這些資料由於早期的地震資料對加速度的紀錄不夠詳盡，所以準確度較差。O' Rourke & Ayala<sup>[6]</sup>整理美國及墨西哥的地震資料建立災損率與PGV (cm/sec)的關係。隨著PGV的增加，災損率亦逐漸增加。Toprak<sup>[7]</sup>重新整理San Fernando earthquake、Whittier Narrows earthquake以及Loma Prieta earthquake管線災損資料，並加入1979年Imperial Valley地震在El Centro地區自來水管線災損資料，分別繪製PGA (單位=g)與災損率關係及PGV (單位=cm/sec)與災損率關係。除了PGA、PGV與維生管線災損率的關係外，另外學者還建立永久地表變位

(Permanent ground deformation, PGD)、修正麥卡利震度法 (Modified Mercalli Intensity, MMI)、反應譜強度 (Spectrum Intensity, SI) 與地下管線災損率的關係。但是一般較常被使用來估算沉埋管線災損率的參數，則為PGD及PGV。這兩種參數主要用來描述管線的兩種破壞機制。地震時土壤受地震波的影響，可以用PGV來建立災損率的關係。因為自來水管線與周圍土壤產生相對的滑移主要是跟土壤的應變有關，而最大地表應變為

$$\varepsilon_g = \frac{V_{\max}}{C} \quad (1)$$

其中  $\varepsilon_g$ =最大的地表應變；

$V_{\max}$ =最大的地表速度；

$C$ =地震波傳速度。

因此PGV最常被使用在土壤暫態變位對維生線的災損評估。至於永久地表變位，PGD，則通常用來評估土壤液化造成的沉陷、斷層錯動移位、山崩對維生線的災損評估。

American Lifelines Alliance[8] (下文簡稱ALA) 收集世界各國埋設維生管線在不同地震情況下的破壞災損案例。將收集到有關地盤震動所造成管線災損率與PGV建立關係 (共有81個資料點)。這些資料點的來源分別來自：(1) Kobe地震 (9個資料點) (2) Northridge地震 (35個資料點) (3) Loma Prieta地震 (13個資料點) (4) San Fernando 地震 (13個資料點)

(5) 其他地震 (8個資料點)。首先將81個資料點不分管徑大小及管材種類繪製成圖2。得到下列不同形式的迴歸式：

$$RR=0.0445+0.002517 \times (PGV) \quad (2)$$

或

$$RR=0.0129 \times (PGV)^{0.6746} \quad (3)$$

ALA建議利用線性中數迴歸作為骨架曲線 (backbone curve)，將災損率寫成：

$$RR=0.00242 \times (PGV) \quad (4)$$

其中

RR=Repair rate =每公里管線損壞點數 (repairs/km) ；

PGV=地盤最大速度，(cm/sec)。

式 (4) 是由81個資料點迴歸而成，因此該骨架曲線係代表所有不同材質管線受震一般的災損率。ALA針對不同管材及管徑將式 (4) 修正為：

$$RR=K_i \times (0.00242) \times (PGV) \quad (5)$$

其中  $K_i$ =調整係數，依據不同管材、管徑及所處的土壤，可經由表2查得。比較Toprak<sup>[6]</sup>所建議的迴歸式

$$RR=0.000038 \times (PGV)^{2.17} \quad (6)$$

可以發現在小的PGV時，預測結果大致相同，但是在較大的地表速度時，差異性變大。

永久地表變位對維生管線的衝擊較地盤震動影響更大，災損率約為單純由地盤震動所造成的100倍。ALA從歷次地震中

收集42組災損資料，這些資料點主要是由液化所造成的地盤破壞。資料來源分別為 Loma Prieta earthquake (1989)，Nihonkai-Chubu earthquake (1983)，San Fernando earthquake (1971)，San Francisco earthquake (1906)。管材分別為石綿管(20個資料點)、鑄鐵管(17個資料點)及鑄鐵管及鋼管混合(5個資料點)。而管徑除了六個大於12in的大管外，其他都小於12in。將這些資料不分管材及管徑進行線性迴歸得到圖3。利用迴歸可以分別得到

$$RR=0.179 \times (PGD) \quad (7)$$

或

$$RR=3.0231 \times (PGD)^{0.4116} \quad (8)$$

其中

$$PGD=\text{永久地盤變位, (cm)}。$$

ALA建議利用式(8)作為骨架曲線，針對不同管材及管徑修正成：

$$RR=K_2 \times (3.0231) \times (PGD)^{0.4116} \quad (9)$$

其中  $K_2$ =調整係數，不同管材，可經由表3查得。

HAZUS則利用下式來預測脆性管由於地表永久變位所造成的災損率

$$RR=0.593 \times (PGD)^{0.56} \quad (10-a)$$

而柔性管則為

$$RR=0.3 \times 0.593 \times (PGD)^{0.56} \quad (10-b)$$

## 五、集集地震自來水管線災損分

### 析

九二一集集地震震災區，自來水管線受損嚴重，但由於自來水公司的搶修得宜，所以並沒有造成二次災害。就這次整體自來水PVCP管線災損的統計資料(圖4)顯示直徑小於50mm之用戶給水外線PVCP的災損率為4.635repairs/km，直徑大於50mm之輸配水管線的PVCP災損率為0.120repairs/km，而所有PVCP管線的平均災損率則為0.699repairs/km。圖1顯示除了PVCP外，其他材質的管線由於總佈線長度較短，災損率的統計代表性較低，本文不予討論。下面就九二一地震後埔里鎮、霧峰鄉及員林鎮自來水管線災損率分別討論。

### 5.1 埔里鎮自來水管線災損調查

埔里鎮在九二一震災損失慘重，全鎮共有24,561戶，房屋全倒、半倒戶數有12,827戶，佔總戶數的52%。死亡及失蹤人口有204人，重傷有57人。埔里鎮的自來水管線總長度為255.36公里，管徑的種類分別為：13mm、20mm、25mm、40mm、50mm、65mm、75mm、80mm、100mm、125mm、150mm、200mm、250mm、300mm、400mm、600mm及700mm。表4為埔里鎮自來水不同管徑災損率一覽表<sup>[9]</sup>，顯示小管徑的管線有較大

的災損率，特別是20mm管徑災損率最高（RR=11.98repairs/km）。

國外計算管線災損率所採計的管徑大小均大於3in（75mm），而國內自來水管線則分為用戶給水外線（50mm以下），配水管線（50mm-250mm），導水管線（300mm-2600mm）。因此本文將管徑分為幹管及支管，管徑大於50mm者屬於幹管，管徑小於50mm者屬於支管。依此分類方式所得埔里鎮自來水管線支、幹管災損率一覽表如表5所示。埔里鎮幹管的災損率為0.214repairs/km，較PVCP全震災區的平均災損率0.120repairs/km為高；而支管的災損率則高達5.72 repairs/km，也較PVCP全震災區的平均災損率4.635repairs/km為高。不分支幹管的災損率為0.875repairs/km，也較全災區平均災損率0.699repairs/km為高。支幹管佈線長度的比值為1:7.34，和災區整體支幹管長度比值1: 8.16相當。埔里鎮並沒有發生地盤破壞、液化及斷層通過，因此管線的破壞主要為地盤強烈震動所引起的，由地震儀量測到的PGV介於72-80cm/sec間，而PGA則介於0.55g-0.65g間。埔里鎮鄰近震央，PGA和PGV較大，因此災損率高。將幹管及支管的災損率與國外資料比對如圖5所示。比對的結果顯示ALA的預測公式

$$RR=K_i \times (0.00242) \times (PGV) \quad (4)$$

取 $K_i=1$ ，可以合理預測幹管的災損

率，但是預測支管的災損率則偏低。如果利用式（10）來預測災損率，則調整係數必須取 $K_1=26$ 。

無論使用Toprak（1998）所建議的迴歸式

$$RR=0.000038 \times (PGV)^{2.17} \quad (6)$$

或HAZUS針對脆性管的災損率

$$RR=0.0001 \times (PGV)^{2.25} \quad (10-a)$$

以及HAZUS針對柔性管的災損率

$$RR=0.3 \times 0.0001 \times (PGV)^{2.25} \quad (10-b)$$

預測幹管的災損率偏高，而預測支管的災損率則仍然偏低。

表6為埔里鎮自來水管線支、幹管材質一覽表。顯示無論幹管或支管都以PVCP為主，因此本節所推測的災損率計算公式為：

幹管

$$RR= (0.00242) \times (PGV) \quad (11-a)$$

支管

$$RR=26 \times (0.00242) \times (PGV) \quad (11-b)$$

可適用於PVC管材，至於DIP、CIP及ACP則統計樣本較少，較不具統計意義，仍待更多資料來補強。

表7 為埔里鎮自來水管線災損率、管線長與地質關係。沖積層面積占埔里鎮面積的42%，而管線長度卻占埔里鎮管線長度的90%。在沖積層管線支幹管災損率災損率達到0.95repairs/km，較全災區的平均災損率0.699repairs/km為高。造成埔里鎮

自來水管平均災損率偏高的原因可能是沖積層土層的放大效應，另外由於人口集中於沖積層，造成小口徑管徑也集中於沖積層，因此災損率偏高。

## 5.2 霧峰鄉自來水管線災損調查

霧峰鄉位於台中縣南端，東半部屬於山陵地帶，西部屬於平原。地形東西長14.83km，南北長8.83km。霧峰的地層屬於第四紀洪積層及沖積層，由細砂、黏土及礫石組成。車籠埔斷層在霧峰鄉境內，北起北溝溪南岸中興大學葡萄中心，南到烏溪北岸，全長約10.5km。斷層東側上盤主要由錦水頁岩、卓蘭層及頭嵙山層所形成，西側下盤則由第四紀頭嵙山層或沖積層所構成。斷層造成東側地表抬升1m到2m間。根據強震紀錄顯示，霧峰鄉在集集地震中所測得的加速度高達0.789g，最大加速度出現在中部偏北斷層線通過地區，該區是主要居住人口分布的地方。霧峰鄉在集集地震也是發生液化及下陷地區，範圍南北長約2km，東西寬1km，幾乎涵蓋了霧峰精華地區。因此霧峰地區不但受到很大的地表震動，由於斷層通過及液化沉陷，地表的永久變位（PGD）是造成霧峰鄉自來水管線破壞最主要的原因。

霧峰鄉管線破壞點集中在車籠埔斷層的下盤位置，雖然上盤位移較下盤為大，但是霧峰鄉人口集中精華街道大多位於下

盤，因此災損還是以下盤居多。霧峰鄉自來水災損分布大多沿斷層線周圍分布，由北向南遞減分布。

表8為霧峰鄉自來水管線支、幹管材質一覽表。支管的材質和埔里鎮相同，都是PVC，而幹管中PVC的材質也佔了81%左右。表9及表10分別為霧峰鄉自來水不同管徑災損率一覽表。小管徑的支管災損率（20-50mm）最高，幹管的災損率則較低，支幹管災損率的比值為15.4:1。支幹管災損率都比埔里鎮相對應管徑的災損率為高。幹管的災損率高出5倍，支管的災損率則高出3倍。造成災損率較高的原因，除了霧峰鄉的最大加速度（PGA）達到0.79g外，主要原因是斷層通過及人口集中的精華區發生砂土液化及側向滑移，造成大量的土壤永久變位（PGD）所造成。

表11霧峰鄉自來水管線平均災損率、管線長與地質關係。不分支幹管的平均災損率，以沖積層為最高（4.83repairs/km），卓蘭層次之（2.42repairs/km），錦水頁岩再次之（2.28repairs/km），頭嵙山層最小（0.81repairs/km）。表12 霧峰鄉自來水管線支管及幹管災損率與地質關係。支管的災損率以沖積層為最高（17.69repairs/km），卓蘭層次之（10.89repairs/km），錦水頁岩再次之（2.71repairs/km），頭嵙山層最小

(2.94repairs/km)。幹管的災損率以錦水頁岩為最高(1.25repairs/km)，卓蘭層次之(0.9repairs/km)，沖積層再次之(0.87repairs/km)，頭嵙山層並無災損。幹管在錦水頁岩及卓蘭層的災損率較沖積層為高，最主要的原因為車龍埔斷層通過錦水頁岩及卓蘭層所導致。依據震後地盤變位調查顯示霧峰鄉西側上盤與東側下盤垂直變位在1m-2m間，巨大的地盤變位造成幹管災損率偏高。表11顯示位於錦水頁岩、卓蘭層及頭嵙山層的支管災損率為6.7repairs/km，幹管為1.09repairs/km，支幹管平均災損率則為1.90repairs/km。沖積層的管線災損率主要是由液化造成沉陷所引起的，而霧峰液化造成的沉陷介於30-50cm間，分別將表11沖積層的管線災損率及位於錦水頁岩、卓蘭層及頭嵙山層的管線災損率繪製於圖6中與不同的災損預測公式比較。實心的圓點、正三角點及正方形點分別為位於沖積層的支幹管災損率及平均災損率；而實心的倒三角點、空心正方形點及空心倒三角點則分別為位於錦水頁岩、卓蘭層及頭嵙山層的支幹管災損率及平均災損率。

### 5.3 員林鎮自來水管線災損調查

員林鎮位於彰化縣東側，總面積為40.038平方公里。包括現代沖積層、複合沖積層、頭嵙山層碎屑岩相、頭嵙山層礫

岩相、紅土礫石層、斷層等；其中有五分之二的面積為現代沖積層，地層屬於全新世，至今一萬多年，由濁水溪沖積而來。員林地區地表下深度50公尺內之土層可分為九個層次。圖7為由西向東之地層剖面，顯示員林鎮地層的變化情形。BH29、BH30及BH44鑽孔均位於液化最嚴重的崙雅里，這三個鑽孔的第二層土層是九二一集集地震發生液化的土層，屬於極疏鬆至疏鬆程度的粉質細砂至粉質中細砂，不但靠近地表而且該液化土層厚度也較厚。九二一集集地震員林國小測站所量得的最大地表加速度為0.2g。圖8為利用Seed SPT-N簡易液化分析法<sup>[12]</sup>所得到的最低抗液化安全係數以及利用Ishihara建議震陷量計算法<sup>[13]</sup>所得震陷量分佈圖。該圖顯示員林鎮大部分最低抗液化安全係數介於0.8-1.2間，震陷量在10cm-30cm間。依據九二一地震後(88年10月18日至88年10月28日間)內政部土地測量局重測彰化縣基本控制點垂直位移，發現員林鎮地政事務所基本控制點垂直位移17cm。該控制點位置如圖八星號所示，而該處估計的震陷量則介於0-10cm間，與實際量測值接近。

表13為員林鎮自來水管線不同管徑災損率一覽表。表14為員林鎮自來水管線支、幹管災損率及平均災損率一覽表。這兩個表顯示支管的災損率為

1.730repairs/km，幹管的災損率為0.327repairs/km，平均災損率則為1.056repairs/km。表15為九二一地震埔里鎮、霧峰鄉及員林鎮自來水管線支、幹管災損率及平均災損率一覽表。埔里鎮與員林鎮都沒有斷層通過，但是埔里鎮水平加速度（0.55-0.65g）較員林鎮（0.2g）大，但是員林鎮屬於沖積地盤並且部分地區發生土壤液化，因此幹管的災損率及平均災損率較高，而霧峰鄉不但斷層通過而且部分沖積層更產生土壤液化，因此災損率較高。將員林鎮的支幹管災損率及平均災損率繪入圖6，進行回歸得到

$$RR=0.4 \times (PGD)^{0.4} \quad (12)$$

表16為國內外自來水支管及幹管損害點數比例關係。表中顯示埔里鎮支管損害點與幹管損害點的比值為3.63:1；霧峰鄉則為4.49:1；而員林鎮則為5.84:1，集集地震全災區則為4.39:1，支幹管災損點比值與美國差異甚大，而和日本的支幹管災損點比值（6.71:1）接近。顯示台灣與日本都是地夾人稠、住宅密度高、巷術複雜、房屋間座落排列方式不同，造成用戶給水外線（小管徑）較長。而且用戶給水外線埋置接近地表面，且和水表相連，受到地震波及地表差異沉線的影響較大。因此支幹管損害點比值較美國為高。因此從管線震後儘速復舊通水的觀點，這是國內進行自來水管線損害評估與美國不同的地

方，值得注意。

## 六、震後管線設施災損及復舊的反省及教訓

日本阪神地震後，有關自來水設施災損及復舊得到下列的教訓：地震發生後，災區交通混亂、房屋倒塌、緊急送水能量的不足，造成供水量及供水範圍無法快速增加。依據日本的經驗，一般民眾能忍受無水之苦的期限，大約七日，因此儘速七日內恢復供水是減少民怨唯一的途徑，也是管線管理單位復舊恢復供水的目標。輸水管線損害嚴重，管線損壞率與地盤種類關係密切、由於管線規格及施工方法不統一，非災區的管線單位參與救援工作時不易進行，造成復舊進度遲緩。另外自來水辦公處所的倒塌，造成災情收集遲緩。因此自來水設施的耐震設計及補強應分成兩個層面來進行。包括震後復舊計劃的有效性及自來水設施的耐震能力評估兩部分。震後復舊計劃必需確保民生用水及醫療用水的供應及必需的消防用水，而復舊通水必須迅速且公平，因此大型蓄水池的設立、配水管的耐震化、大容量送水管的準備，管網的區塊化、複數化、環狀化，利用未受損或已修復的管線來送水都是必要的。而自來水設施的耐震能力評估則應就震後的災損資料，了解自來水系統的弱點以及地盤性質對災害程度的關係。這些資

料將有助於日後有效的耐震評估計劃的擬定。

逐步建立自來水管線GIS資料庫，配合地質、斷層位置及土層性質的資料庫以及九二一集集地震的災損資料，經過疊合分析，不但可以更準確得到符合國內工程環境及地質條件的災損率公式，也可以提升管線耐震對策的選擇以及決定改善優先次序的決策參考。集集大震後的災損調查，可以發現淨水場及淨水設備損壞嚴重，而管線的損害與地層的關係也與日本阪神地震類似，因此日本的教訓及反省可供國內參考。

## 七、結論

本文選擇以震動導致管線破壞為主的埔里鎮，土壤液化導致管線破壞為主的員林鎮以及兼具斷層通過且土壤也發生液化的霧峰鄉，進行地震震後自來水管線災損率的探討，可以得到下面結論，供國內主管管線單位參考。

(1) 沖積土層的災損率較其他土層為高，而台灣人口密集及精華地區都位於沖積土層上，例如嘉南平原，所以未來如果發生在嘉南平原的大震，將可能重創自來水管線，特別會發生液化的區域災損率將較不會發生液化的區域多出5倍值得注意。本文建議不會發生液化的沖積土層自來水管線災損率為：

幹管  $RR=0.00242 \times (PGV)$

支管  $RR=0.06292 \times (PGV)$

會發生液化的沖積土層自來水管線支管平均災損率為：

$$RR \times 0.4 (PGD)^{0.4}$$

國內支幹管災損點的比例（約4.5:1）較美國的比例（1:5）高，而與日本的支幹管災損點比例類似。輸水幹管的災損率與美國資料相當，但支管災損則高出許多，這將造成以美國資料所統計的災損率偏低，而不再適用於國內。雖然支管的影響範圍及重要性不如幹管，但是從管線管理單位提早供水的角度，修理支管所耗費的人力及工時也是一大考驗。

## 參考文獻

1. Tasi, J.S., Jou, L.D., and Lin, S.H., "Damage to buried water supply pipelines in the Chi-Chi Taiwan earthquake and a preliminary evaluation of seismic resistance of pipe joints", Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 23, No.4, pp.395-408 (2000).
2. 公共工程委員會，「震後地下維生線系統快速診斷手冊之建立與震後地下維生線系統快速補強手段」，公共工程委員會研究報告105 (2000)。
3. 王炳鑫，「台灣九二一地震公共給水管線設備損害報告」，自來水會刊，第19

- 卷，第1期，pp.64-81。
4. Kitaura, M. and Miyajima, M., “Damage to water supply pipelines”, JSCE, Special Issue of Soils and Foundations, pp.325-333 (1996) .
  5. Katayama, T.K., Kubo, K., and Sata, N., “Earthquake damage to water and gas distribution systems”, Proceedings, U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Ann Arbor, MI , pp. 396-405 (1975) .
  6. O’ Rourke, M. and Ayala, G., “Pipeline damage due to wave propagation” , ASCE, Vol.119, No.GT9, pp.1491-1498 (1993) .
  7. Toprak, S., “Earthquake effects on buried lifelines systems” , Ph.D., Cornell University (1998) .
  8. American Lifelines Alliance, “Seismic fragility formulations for water systems” , Part1 and Part2 (2001) .
  9. 王柏蘅，「集集大地震中埔里鎮之自來水管線災損分析」，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士論文 (2001)。
  10. 李崇正、周健捷、許文科、熊大綱，「地下維生線系統耐震及改善之研究」，行政院公共工程委員會研究報告 125 (2001)。
  11. 洪瑞鎧，「921集集地震霧峰鄉自來水管線震害成因分析」，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士論文 (2001)。
  12. Youd, T.L. and Idriss, I.M., “Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction of soils” , ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.127, No.4, pp.297-313 (2001) .
  13. Ishihara, K. and Yoshimine, M. “Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes,” Soils and Foundations, Vol.32, No.1, pp.173-188 (1992) .

表1 給水管線受損件數統計<sup>[2、3]</sup>

災害原因	直管					另件(異形管)					接頭					其他		總計	所佔百分比
	折斷	裂縫	破裂	變形	其他	折斷	裂縫	破裂	變形	其他	折斷	裂縫	破裂	變形	其他				
震動	2450	1961	2793	181	120	109	279	253		8	1436	14	291	57	289	198	317	10756	48.25%
土壤液化	113	117	7	5		29	58	17			51		9			4		410	1.84%
崩塌	1253	471	387	7		37	6	77			162		24					2424	10.87%
地面龜裂	785	489	297	44	28	21	69	46			323	18	108	87		2		2317	10.39%
地層移動(水平移動)	824	250	137	9		43	23	55	2		334	10	125	150		4	1	1967	8.82%
地層錯動(隆起陷落)	1660	289	519	28	3	133	40	144	9	6	485	86	109	10		24	1	3456	15.91%
其他	38	10	12		341	5	2	3		214	1		1			243		870	3.90%
合計	7123	3587	4152	274	492	377	477	595	11	228	2792	128	667	304	289	475	319	22290	100.00%

表2 地盤震動維生管線災損率調整常數<sup>[8]</sup>

管材	接縫型式	土壤	管徑	K <sub>1</sub>
Cast Iron	Cement	All	Small	1.0
Cast Iron	Cement	Corrosive	Small	1.4
Cast Iron	Cement	Non-corrosive	Small	0.7
Cast Iron	Rubber gasket	All	Small	0.8
Weld steel	Lap-Arc welded	All	Small	0.6
Weld steel	Lap-Arc welded	Corrosive	Small	0.9
Weld steel	Lap-Arc welded	Non-corrosive	Small	0.3
Weld steel	Lap-Arc welded	All	Large	0.15
Weld steel	Rubber gasket	All	Small	0.7
Weld steel	Screwed	All	Small	1.3
Weld steel	Riveted	All	Small	1.3
Asbestos cement	Rubber gasket	All	Small	0.5
Asbestos cement	Cement	All	Small	1.0
Concrete w/Stl Cyl.	Lap-Arc welded	All	Large	0.7
Concrete w/Stl Cyl.	Cement	All	Large	1.0
Concrete w/Stl Cyl.	Rubber gasket	All	Large	0.8
PVC	Rubber gasket	All	Small	0.5
Ductile Iron	Rubber gasket	All	Small	0.5

Small : 4-12in 的管徑

Large : 大於 16in 的管徑

表3 地盤永久變位災損率調整常數<sup>[8]</sup>

管材	接頭型式	K <sub>2</sub>
Cast iron	Cement	1.0
Cast iron	Rubber gasket	0.8
Cast iron	Mechanical restrained	0.7
Welded steel	Arc welded, lap welds (Large diameter, non corrosive)	0.15
Welded steel	Rubber gasket	0.7
Asbestos cement	Rubber gasket	0.8
Asbestos cement	Cement	1.0
Concrete w/Stl Cyl.	welded	0.6
Concrete w/Stl Cyl.	Cement	1.0
Concrete w/Stl Cyl.	Rubber gasket	0.7
PVC	Rubber gasket	0.8
Ductile Iron	Rubber gasket	0.5

表4 埔里鎮自來水不同管徑災損率一覽表<sup>[9]</sup>

管徑 (mm)	管長度 (km)	災損 點數	災損率 repairs/km	管徑 (mm)	管長度 (km)	災損 點數	災損率 repairs/km
13	4.682	7	1.50	125	2.32	0	-
20	13.851	166	11.98	150	48.33	7	0.15
25	0.892	2	2.24	200	36.38	3	0.08
40	3.623	2	0.55	250	8.98	2	0.22
50	8.036	1	0.12	300	10.95	7	0.64
65	4.67	2	0.43	400	5.27	2	0.38
75	3.88	0	-	600	1.04	0	-
80	15.59	7	0.45	700	0.82	0	-
100	86.04	19	0.22				

表5 埔里鎮自來水管線支、幹管災損率一覽表<sup>[10]</sup>

	管長 (km)	災損 點數	災損率 repairs/km
幹管 (65mm-500mm)	228.15	49	0.214
支管 (13mm-50mm)	31.1	178	5.72
總計	259.25	227	0.875

表6 埔里鎮自來水管線支、幹管材質一覽表<sup>[9]</sup>

管材	PVCP	DIP	CIP	ACP
支管	100%	-	-	-
幹管	94.18%	3.98%	1.53%	0.31%

表7 埔里鎮自來水管線災損率、管線長與地質關係<sup>[9]</sup>

地質	面積	管線長(km)	災損數目	災損率(repairs/km)
沖積層	71.94	229.31	218	0.95
西村層	47.10	20.95	9	0.43
大桶山層	2.37	0	0	0
台地堆積層	15.86	3.32	0	0
白冷層	24.94	1.25	0	0
達見砂岩層	5.62	0.85	0	0
全區	167.83	255.68	227	0.89

表8 霧峰鄉自來水管線支、幹管材質一覽表<sup>[11]</sup>

管材	PVCP	DIP	CIP	總長(km)
支管	100%	-	-	52.31
幹管	81.3%	11.6%	6%	145.56

表9 霧峰鄉自來水不同管徑災損率一覽表 (整理自<sup>[11]</sup>)

管徑(mm)	管長(km)	災損點數	災損率(repairs/km)
20-50	51.97	786	15.12
65-150	141.43	140	0.989
200-450	30.33	31	1.022
500	6.92	4	0.578

表10 霧峰鄉自來水支、幹管災損率一覽表

	管長(km)	災損點數	災損率 repairs/km
幹管 (65mm-500mm)	178.68	175	0.98
支管 (13mm-50mm)	51.97	786	15.12
總計	230.65	961	4.167

表11 霧峰鄉自來水管線支幹管平均災損率、管線長與地質關係 (整理自<sup>[11]</sup>)

地質	管線長(km)	災損數目	平均災損率 (repairs/km)
沖積層	168.53	815	4.83
錦水頁岩	21.29	50	2.28
卓蘭層	39.21	95	2.42
頭料山層	1.24	1	0.81

表12 霧峰鄉自來水管線支管及幹管災損率與地質關係 (整理自<sup>[11]</sup>)

地質	支管			幹管		
	管長 (km)	災損數	災損率 repairs/km	管長 (km)	災損數	災損率 repairs/km
沖積層	39.74	703	17.69	128.84	112	0.87
錦水頁岩	6.26	17	2.71	39.92	50	1.25
卓蘭層	5.97	65	10.89	33.24	30	0.90
頭料山層	0.39	1	2.94	0	0	0
錦水頁岩、卓 蘭層、頭料山 層	12.62	83	6.57	73.16	80	1.09
合計	52.36	786	15.34	202	192	0.95

表13 員林鎮自來水管線不同管徑災損率一覽表

管徑(mm)	管長(km)	災損點數	災損率(repairs/km)
<b>20-50</b>	327.186	566	1.730
<b>65-80</b>	105.171	35	0.333
<b>100-150</b>	126.410	31	0.295
<b>200-450</b>	61.838	29	0.469
<b>&gt;500</b>	7.224	2	0.277

表14 員林鎮自來水管線支、幹管災損率一覽表

	管長 (km)	災損 點數 (件)	災損率 repairs/km
幹管 (65mm-500mm)	300.643	97	0.327
支管 (20mm-50mm)	327.186	566	1.730
總計	627.829	663	1.056

表15 埔里鎮、霧峰鄉及員林鎮自來水管線支、幹管及平均災損率一覽表

	幹管災損率 (repairs/km)	支管災損率 (repairs/km)	平均災損率 (repairs/km)
埔里鎮	0.214	5.72	0.875
霧峰鄉	0.98	15.12	4.167
員林鎮	0.327	1.730	1.056
全災區	0.15	6.58	0.850

表16 國內外幹管及支管災損點比例關係

地震	支管 損壞點數	幹管 損害點數	支幹管 損壞點數比值	備註
1995 Hygoken -Nanbu	11800	1760	6.7:1	
1994 Northridge	208	1013	0.208:1	
1989 Loma Prieta	22	113	0.196:1	消防栓損害計入幹管損害
1971 San Fernando	557	856	0.666:1	
集集地震 埔里鎮	178	49	3.63:1	
集集地震 霧峰鄉	786	175	4.49:1	
集集地震 員林鎮	566	97	5.84:1	
集集地震 全災區	12980	2951	4.39:1	

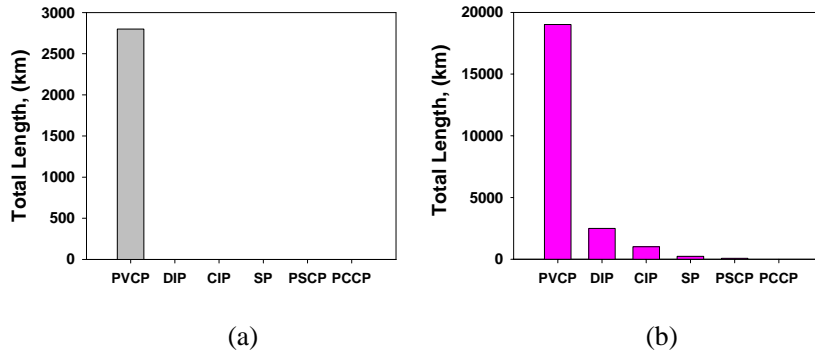


圖1 九二一災區自來水管線不同管材佈設長度統計。  
 (a) 用戶給水外線，(b) 輸配水管線

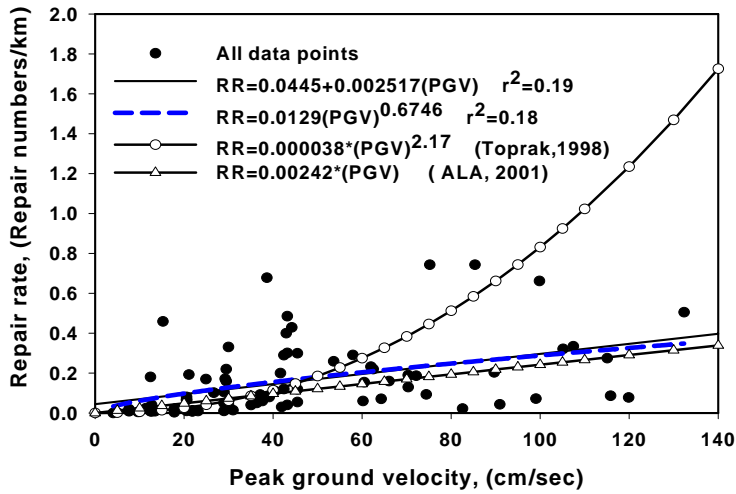


圖2 國外有關PGV與災損率關係

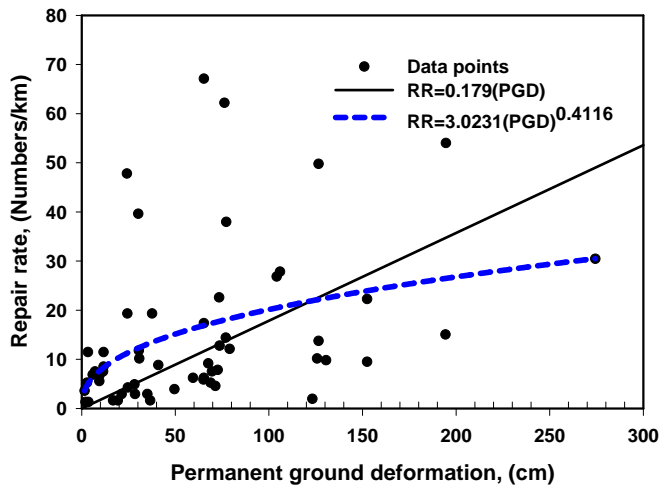


圖3 國外資料PGD與災損率關係

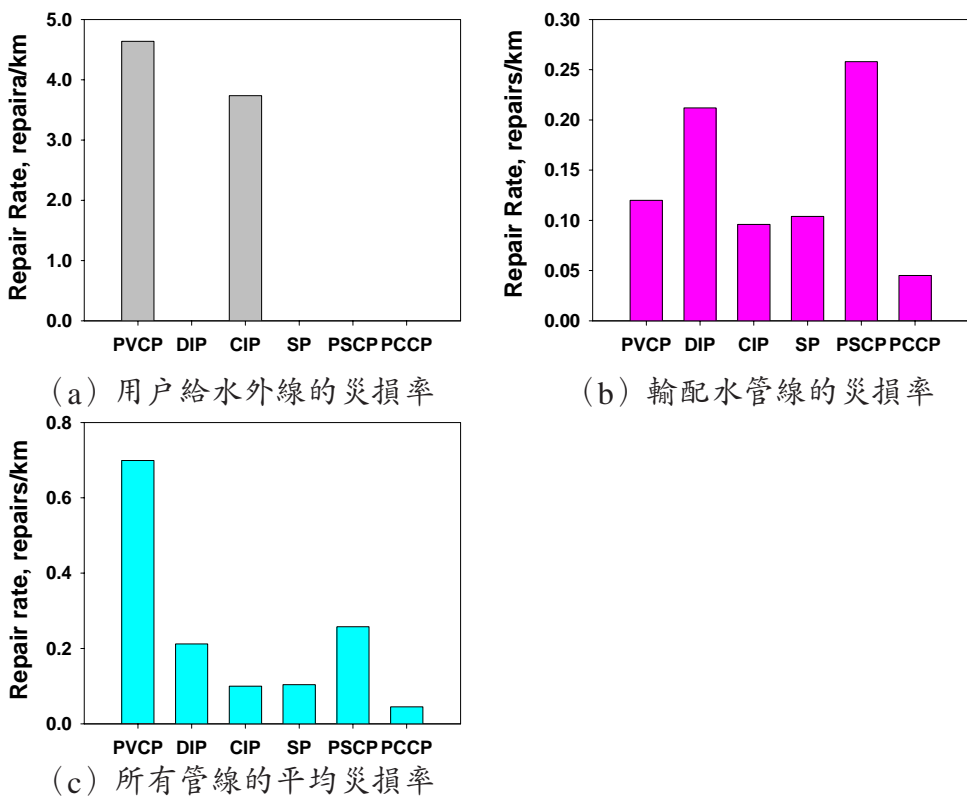


圖4 不同管材的災損率

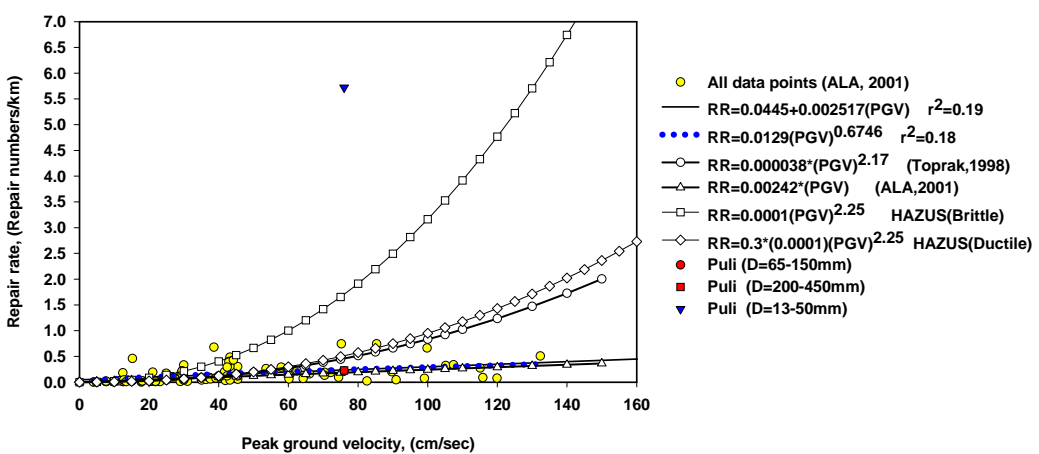


圖5 埔里鎮自來水災損率與國外資料比較





圖8 Seed SPT-N簡易液化分析法最低抗液化安全係數及震陷量分佈圖

## 我國水源保護區劃設現況與因應對策

許明華<sup>1</sup>、黃妙如<sup>2</sup>

### 摘要

我國現行水源保護區管制與保護手段，不論是自來水法、修正後的飲用水管理條例或水土保持法等，對水源保護所採取的管制手段都很類似。基本上是以劃定保護區、開發管制及污染管制為主要管制手段，並以補償為衡平措施。至於設定保護區或各種管制的程序參與機制，則在法律上並無著力。而水源保護區管制工作涉及土地利用、森林保育經營、水土保持、山坡地保育、自然資源保育及污染防治等，有關法令及權責亦分屬內政部、經濟部、農委會、環保署等部會及省（市）、縣（市）政府。因此，惟有有效整合並凝聚各機關之共識與資源，方能確保水源水質及水源水量獲得保護及改善。

水源區的保護要做的好，必須要有健全的制度、專屬法規、專責執行機關，透過詳細規劃、配合民眾參與，依影響水源程度，擬出先後辦理程序依序處理，並配合違規行為進行查報取締，其所需之經費

亦應由使用者負擔。本報告針對台灣地區水源保護區管理上的問題，認為可透過協調並授予專責機構之權去執行保護業務，並強化補償、回饋與全民參與之機能，調和水源區保護與開發的衝突。然而，若欲使問題獲得長期的解決並達到永續性管理制度的目標，則必須透過「水源區管理法」的制定，作較大幅度且根本的調整並進行制度之設計。

### 壹、前言

水資源為國家整體經濟發展之基磐與人民生活品質之命脈，水資源的永續利用，為國家建設重要的一環。過去政府致力水資源開發建設，全臺灣地區大小小蓄水庫共93座（經濟部水利處，2000年），以提供穩定且量足質優的公共用水。惟近年來全球氣候變遷現象日益明顯，對水資源最直接影響為降雨型態變化所導致的負面結果，水災或旱災時有所聞，嚴重影響民生福祉與產業發展，地區性降雨分佈的改變，加重水資源管理的壓

1 行政院環境保護署環境衛生及毒物管理處 技士

2 行政院環境保護署統計室 專員

力；而集水區開發利用活動頻繁，加上農藥肥料之過度使用等情形，致水庫、湖泊及河川普遍受到污染，已嚴重影響水資源有效利用，並不利於水資源保育，更影響公眾之飲用水安全。

台灣的水源區同時會面臨兩個問題，即淤積與污染（優養化），由於政府的台灣水土資源政策是以經濟開發為優先，加上水庫集水區濫墾、濫伐的現象普遍且嚴重，致使土壤沖蝕情形相當嚴重；水庫淤砂量平均每年高達1,500萬立方公尺，相當於一個明德水庫的容量。根據環保署90年對17座供公共給水之水庫進行水質檢測，其中10座水庫已屬優養；而台灣地區50條主次要河川水質監測結果，中度污染河段占15.38%，嚴重污染河段占13.16%。此外，根據環保署1997年調查資料顯示，劃定面積前46大之自來水水源水質水量保護區，面積約9,757平方公里，占全部保護區面積之98.6%，並涵蓋23條河川流域及17座水庫，適用於二級以上公共給水之水源，其水體水質應達乙類水體標準以上，然而卻有90%的河段未符合乙類之水體水質標準，水庫方面則除了翡翠水庫外，其餘16座皆呈現普養狀態，仁義潭甚至已呈現優養狀態，顯見水源之污染情形實在堪慮。

為保護水源涵養、維護水質潔淨，以供應充裕而合於衛生之公共用水，政府將

全台灣四分之一土地劃為水源保護區，由於範圍過於遼闊，缺乏有效管理與補償機制，造成執行上的困難，例如「高屏溪水源水質水量保護區」劃設面積廣達3,115平方公里<sup>註一</sup>，占高屏河流域面積之95.6%（高屏河流域面積約3,257平方公里），涵蓋行政區包括高雄、屏東兩縣大部分地區，區內居民噴灑農藥或飼養家禽家畜相當普遍，根本無法執行「禁止噴灑農藥或飼養家禽家畜」等貽害水質行為的規定。此外，在被劃為水源保護區後，地方發展受到嚴重限制，區內居民及民意代表或地方首長強烈反彈，要求檢討解（縮）編保護區範圍的聲浪不斷，且地方政府執行低落，劃設後各項污染行為之查處未見有效執行。因此，立法院鑑於水源污染日益嚴重，水源區內各管制事項未落實執行，已影響公眾飲用水安全，乃於86年5月21日修正公布之飲用水管理條例中，主動增訂第五條條文，授權由環保機關劃設飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離，並明定12項禁止污染水源水質之行為。此亦即為飲用水水源水質保護區劃設法制化之起因。

## 貳、水源保護區劃設之法源依據

為維護水源水質水量之充足潔淨，政府雖以劃設水源保護區為手段，惟水源保護區內各項管制事項未落實執行，其象徵

意義重於實質意義。此外，在水源保護區內除劃設之法令規定的限制外，其他有關之限制法令相當多，例如山坡地（山坡地保育利用條例）、水庫集水區林業用地（森林法）、河川行水區（水利法）、保安林、自然保留區、原住民保留區、土地使用管理（區域計畫法、都市計畫法、環境影響評估法等）等，管制層層疊疊，即使法令並無明令禁止，惟因其但書為需經主管機關核准，嚴重影響區內居民生計。

### 一、水源保護區劃設之法源與種類

我國現行水源保護區的管理事權係分散各個主管機關，相關劃設之法源依據與種類如表一所示。目前水源保護區劃設方式，係由各法令之主管機關依其管制目的各自劃設其所需保護的區域予以管制。因此，依據各個法令所劃設之保護區，呈現重疊並存的情形。就水源保護區劃設執行情形來看，以自來水水源水質水量保護區最為廣大，次而包含飲用水水源水質保護區，而後者並與水污染管制區、特定水土保持區大量重疊；最後水庫集水區及保護帶更是完全包含在前面各個保護區中。而這些水源保護區係依據各個管制法令各有其管制目的，例如水庫集水區為維護水庫與水質，特定水土保持區為涵養水源、避免災害，皆有相當部分著重在區內水土保持。相較之下，水污染管制區、飲用水水

源水質保護區與自來水水源水質水量保護區則較注重污染行為的管制。

前述水源保護區劃設之法令規定雖健全，但囿限於我國行政體系之特性，部份主管機關亦未完全依法令規定劃設其所需之保護區，執行其水資源保育權責，例如水利法之水源保護區尚未劃設（水利法施行細則第21條），水土保持法之特定水土保持區方開始劃設，縱若各個水源保護區皆依法令規定予以劃設完成，則範圍將與目前已劃設之保護區多所重疊，極易造成執行機關因各法令之管制事項不同而滋生困擾。尤以基層之縣（市）政府而言，皆為前揭法令之主管機關，範圍重疊，頗有疊床架屋、執行困難之感。

### 二、水源保護區劃設法規之比較

根據我國現行法令規定，主要以保護公共用水水源而劃設之保護區，分別為自來水法之水源水質水量保護區及飲用水管理條例之水源水質保護區。由於兩者之劃設範圍係以地表水供作為自來水之水源為主，其管制目的及管制方式皆相近，重疊性高，且具有高度相似性。茲將自來水法及飲用水管理條例在水源保護區劃設方面之相關規定加以彙整比較，如表二所示，並就其立法意旨、劃定原則、管制方式與內容、罰則以及補償與回饋等相關規定簡

表一 水源保護區劃設之法源依據與種類

種類	法源依據	劃設機關	劃設方式	限制行爲
自來水水源 水質水量保 護區	自來水法第十一條 自來水法臺灣省施行 細則第七條 自來水法臺北市施行 細則第二條	自來水事業 經濟部	自來水事業得視事實 需要，申請主管機關會商 有關機關劃定公告	一切貽害水質與水 量之行爲
飲用水水源 水質保護區 或飲用水取 水口一定距 離	飲用水管理條例第五 條 飲用水管理條例施行 細則第十二條	環保署 直轄市政府 縣(市)政府	直轄市、縣(市)主管機關 擬訂，報請中央主管機關 核定後公告。涉及二直轄 市、縣(市)以上者，由中 央主管機關訂定公告。	污染水源水質之行 爲
水庫集水區 及保護帶	水土保持法二十條 臺灣省水庫集水區治 理辦法第三條、第四條	水庫治理機關 (由省政府指 定之有關機 關)或特定水 土保持區之管 理機關	經劃定爲特定水土保持 區之水庫集水區，由治理 機關勘定報請省政府核 定公告。其他特定水土保 持區由管理機關視實際 需要報請中央主管機關 核准設置。	申請礦業權、採取土 石、道路修築、溪流 整治、都市計畫與風 景特定區需經水庫 治理機關同意
特定水土保 持區	水土保持法第十六條	農委會 直轄市政府	在縣(市)或跨越二直轄市 與縣(市)以上行政區域 者，由中央主管機關劃定 公告；在直轄市行政區域 內者，由直轄市主管機關 劃定，報請中央主管機關 核定公告。	水庫集水區內有破 壞水土保持之處理 與維護之虞者，應予 限制
水源特定區	都市計畫法第十二條 自來水法	內政部(必要 時) 省(市)政府 縣(市)政府	主要計畫擬定後，由該管 政府都委會審議。若由上 級政府訂定或擬定之計 畫，應先徵求有關縣市政 府及鄉鎮市公所意見，以 供參考，任何公民或團體 得於公開展覽期間，向該 管政府提出意見，供該管 政府之都委會參考。	包含都市計畫法、建 築法、水土保持法、 水利法、自來水法、 臺灣省水庫集水區 治理辦法、水污染防 治法、原住民保留地 開發管理辦法、飲用 水管理條例等各種 管制。
水源保護區	水利法施行細則第二 十一條	省(市)政府	省(市)主管機關得按各地 天然形勢及地理環境，設 立水源保護區，並報請中 央主管機關核定後公告。	
水污染管制 區	水污染防治法第二十 七條	環保署 直轄市、縣市 環保機關	直轄市、縣(市)主管機 關，得視轄境內水污染狀 況劃定管制區公告之，並 報中央主管機關。涉及二 直轄市、縣(市)以上者， 由中央主管機關劃定並 公告。	爲避免危害水體之 用途，利用水體以承 受或傳運放流水，不 得超過水體之涵容 能力。

資料來源：本報告整理。

述如下：

#### (一) 立法意旨

依據自來水法第1條規定，其立法意旨：「策進自來水事業之合理發展，加強其營運之有效管理，以供應充裕而合於衛生之用水，改善國民生活環境，促進工商業發達。」綜觀自來水法之管理範疇，較偏重自來水事業之發展、經營、管理、監督等事項；而依據飲用水管理條例第一條規定，其立法意旨：「確保飲用水水源水質，提昇公眾飲用水品質，維護國民健康。」綜觀飲用水管理條例之管理範疇，係以加強水源管理，禁止污染水源水質之行爲，以提昇公眾飲用水品質，維護國民健康。爰此，依據「自來水法」劃設之水源水質水量保護區，旨在禁止妨害水量之涵養、流通或污染水質行爲，除考量保護水質外，其重點亦包含水量的涵養；而依據「飲用水管理條例」劃定之水源水質保護區，主要爲保護飲用水水源之水質，兩者立法意旨不盡相同，自來水水源水質水量保護區尚涉及水量的涵養、流通，因此，爲確保水源之水量的充沛，其劃定範圍相當大。

#### (二) 劃定原則

依據自來水法第11條規定，自來水事業得視事實需要，申請主管機關會商有關機關劃定公布水質水量保護區域。又依自來水法台灣省施行細則第6條規定，其事

實需要係指水土保持、防止水源污染及其他有關水質水量之保護而言。因此，自來水法對水源水質水量保護區劃設原則並無明定規範，以往皆由自來水事業自行評估擬定劃設範圍，主要以淨水場取水口以上之集水區及下游四百公尺河川行水區或以取水水庫之集水區面積爲範圍，並以水系之天然山地稜線爲界線，而水庫集水區係指水庫大壩（含離槽水庫引水口）全流域稜線以內所涵蓋之地區。因早期劃設時，來自社會壓力較小，因此，幾乎都以取水口上游整條河川的集水區爲範圍，此亦造成台灣四分之一土地被劃爲保護區的原因。

飲用水水源水質保護區劃定原則，係依據飲用水管理條例施行細則第12條規定，其應劃定範圍爲供飲用水水源且經公告爲甲類水體之集水區稜線以內所涵蓋之地區，以及供飲用水水源之已興建或計劃興建水庫大壩以上集水區稜線內所涵蓋地區。此外，依據飲用水管理條例第5條規定，其劃設形式分別爲飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離二類，但對於飲用水取水口一定距離之劃設方式並無條文規定，目前地方政府在劃設飲用水取水口一定距離之劃定原則：

1. 其他取水口位置非位於上述保護區劃定原則區域之取水口，則以一定距離之範圍劃設方式劃定之。

表二 自來水法及飲用水管理條例在水源保護區劃設之相關規定比較

內容	自來水法	飲用水管理條例
制定機關	內政部(營建署)	行政院環保署
立法沿革	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 55年11月17日制定公布全文113條</li> <li>● 84年6月29日增訂公布第12之1條</li> <li>● 86年5月21日修正公布第50條</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 61年11月10日制定公布全文21條</li> <li>● 86年5月21日修正公布全文31條</li> <li>● 88年12月22日修正公布第2、5、14、26條</li> </ul>
主管機關	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原為內政部(營建署)，自88年3月後悉數由經濟部(水利署)統籌辦理</li> <li>● 省(市)、縣(市)政府</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 行政院環保署</li> <li>● 直轄市、縣市政府</li> </ul>
劃定機關	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自來水事業</li> <li>● 經濟部</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 直轄市、縣市政府</li> <li>● 行政院環保署(涉及二直轄市、縣市以上者)</li> </ul>
核定	中央主管機關、台灣省政府	中央主管機關
管理單位	自來水事業	環保機關
劃定方式	自來水事業得視事實需要，申請主管機關會商有關機關劃定公布水質水量保護區域。	直轄市、縣(市)主管機關擬訂，報請中央主管機關核定後公告。涉及二直轄市、縣(市)以上者，由中央主管機關訂定公告。
禁止行為	母法第11條禁止在該區域內一切貽害水質與水量之行為；相關禁止行為分別訂定於台灣省及台北市之施行細則中。	明訂於母法第5條，禁止在該區域內共12項污染水質之行為。
劃設情形	111處，面積約99.02萬公頃	86處飲用水水源水質保護區、49處飲用水取水口一定距離，面積約38.81萬公頃
保護區撤銷	自來水事業申請，或由省市主管機關逕予撤銷，涉及直轄市者轉請經濟部撤銷。	
損失補償	第12條規定，對於區域內原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有貽害水源水質水量者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用。其所受之損失，由自來水事業補償之。	第5條第5項規定，飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離內之地區，於公告後原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有污染水源水質者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用；其所受之損失，由自來水事業或相關事業補償之。
水源特定區劃定依據	都市計畫法第十二條規定之都市計畫程序	無規定。
水源特定區	73年劃定大台北水源特定區(新店青潭水源水質水量保護區)	無規定。
水源特定區管理機關	水源特定區管理委員會	無規定。
水源特定區減稅內容	土地增值稅、贈與稅、遺產稅(水源特定區減稅區域及標準係由財政部會同內政部擬定)	無規定。
水源特定區減稅區域及標準核定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 行政院核定</li> <li>● 財政部85年4月25日發布「水源特定區土地減免土地增值稅、贈與稅、遺產稅標準」(自84年7月1日施行)。</li> </ul>	無規定。
水源特定區回饋	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 於自來水水價外附徵一定比例之費用協助地方建設。</li> <li>● 內政部85年5月24日發布「協助台北水源特定區地方建設辦法」。</li> </ul>	無規定。

資料來源：本報告整理。

2. 一定距離之劃設方式，係以取水口之取水河段行水區界內為區域範圍，並自取水口分別上游、下游取一定距離，此距離之河段行水區內為其劃設之範圍。

### (三) 管制方式與內容

依據自來水法第11條規定，禁止在自來水水源水質水量保護區域內一切貽害水質與水量之行爲，相關禁止行爲分別訂定於台灣省及台北市之施行細則中，惟因劃定範圍過於遼闊，管制事項繁雜，涉及各個權責機關，且由不具公權力之自來水事業協調地方政府執行，而地方政府基於民意的考量下，並無法真正落實區內污染行爲之管制。

飲用水水源水質保護區劃定之目的，在於自來水水源水質水量保護區禁止一切貽害水質與水量之行爲外，以較為嚴格管制污染性開發行爲，來補充自來水水源水質水量保護區管制之不足，並確保飲用水水源之潔淨。依據飲用水管理條例第5條規定，係屬污染水源水質行爲之禁止（例如禁止工業區開發、禁止污染性工廠設立等），明定區內禁止12項污染水源水質之行爲，較自來水法允許有限度開發（如通過環境影響評估或符合放流水標準即可開發）來得嚴格。惟其中有十項禁止行爲如為居生活所必要，並經主管機關核准者，即可不受限制。因此，飲用水管理條例之管制方式與內容較自來水法來得嚴格。

### (四) 相關罰則

依據自來水法第96條規定：「在水源、水量保護區域內，妨害水量之涵養、流通或污染水質，經制止不理者，處一年以下有期徒刑、拘役或五百元以下罰金。」該條文自55年公布迄今未見修正，因需先予勸阻，罰鍰額度偏低，致未能產生嚇阻作用，且因自來水事業不具公權力，僅能將污染行爲舉發地方政府相關單位處理。

依據飲用水管理條例第20條之規定，對於在區內污染水源水質行爲之查處，並不需先予勸阻，即可處以10萬元至100萬元之重罰，對於經禁止為該行爲而不遵行者，可再依該條例第16條規定處一年以下有期徒刑、拘役，得併科新臺幣6萬元以下罰金。若其行爲因而致人於死者，處七年以上有期徒刑，得併科新臺幣30萬元以下罰金。致重傷者，處五年以下有期徒刑，得併科新臺幣15萬元以下罰金。因污染水源水質之行爲，對飲用水水質安全之影響極大，期望經由提高罰鍰額度並增重刑責之作法，以產生嚇阻改善作用。

### (五) 補償與回饋機制

依據自來水法第12條規定，對於區域內原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有貽害水源水質水量者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用。其所受之損失，由

自來水事業補償之。而飲用水管理條例第5條第5項規定，飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離內之地區，於公告後原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有污染水源水質者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用；其所受之損失，由自來水事業或相關事業補償之。因此，在自來水法及飲用水管理條例中，對於區內原有建築物及土地使用皆有補償的規定，但仍欠缺完善的補償辦法，或欠缺補償經費，造成保護區內原有之污染源管制無法落實。

有關水源保護區之回饋規定，目前僅於自來水法第12之1條有相關規定，該條文增訂的緣由，係因台北水源特定區自73年成立以來，嚴格執行各項管制措施，致區內的居民明顯感受到受限之困擾，並認為嚴重影響其權益，多年來不斷進行抗爭，最後於84年6月29日透過自來水法增訂第12之1條條文，明定在劃為水源特定區之土地應視限制程度減免土地增值稅、贈與稅及遺產稅，並由自來水事業應於水價外附征一定比例之費用，協助區內地方建設，此為全國首創之水源保護區「回饋」法條<sup>註二</sup>。接著內政部85年5月24日訂定「協助臺北水源特定區地方建設辦法」，以規範使用項目、運用流程及經費來源與額度，並明文說出由鄉市公所視地方特色、

實際需要在規定項目內自行運用，給予地方足夠的自主權，以減少民眾抗爭，有效加強新店溪青潭堰上游水源水質水量保護區之管制，以維持翡翠水庫水質之潔淨。

### 參、水源保護區劃設現況

有關水源保護區劃設之法令繁多，範圍重疊，且管理事權未統一。其中以自來水法之水源水質水量保護區範圍最為大，在取水口上游之集水區範圍曾依法劃設111處保護區，劃定面積達99.02萬公頃，約占台灣地區面積27.5%；其次為飲用水水源水質保護區，共已劃設86處飲用水水源水質保護區及49處飲用水取水口一定距離，劃定面積約38.81萬公頃，約占台灣地區面積10.7%，茲將此二者水源保護區劃設情形分述如下：

#### 一、自來水水源水質水量保護區劃設情形

自來水水源水質水量保護區的劃設方式，乃由自來水事業單位以水土保持、水源涵養、維護水質及其他有關水質水量等事實需要提出申請，報請省（市）政府核定公告，若保護區域供水涉及兩個省（市）行政區時，則報請中央主管機關核定公告。目前自來水水源水質水量保護區之劃設範圍大抵以取水口為基準點，其上游集水區皆劃為水源保護區範圍，以滿足其自

來水之用途（包括飲用水、民生用水、工業用水等各方面之需求）。其中屬內政部公告劃設者，為新店溪青潭、鳳山水庫、高屏溪、東港溪等4處；屬台北市政府公告劃設者僅百拉卡1處，餘106處皆為台灣省政府公告劃設。而北部區域保護區面積約27.94萬公頃；中部區域保護區面積約15.15萬公頃；南部區域保護區面積約51.48萬公頃；東部區域保護區面積約4.44萬公頃。另取用地面水體者計90處；取用地下水體者計9處；已不供作為飲用水水源者計12處。

由於水源保護區劃設範圍過大，致執行困難，且被劃為保護區後，地方發展受到嚴重限制，區內居民、民意代表及地方首長強烈訴求，並要求檢討解（縮）編保護區範圍的聲浪不斷，內政部乃於86年成立檢討專案小組，針對自來水水源水質水量保護區劃定範圍進行檢討；此外，87年12月「全國國土及水資源會議」之結論與建議，已責成國土主管機關應會同相關目的事業主管機關根據「安全最小標準」原則<sup>註三</sup>，重新檢討現有之限制發展地區或依法劃設限制發展地區，並以水源保護區經營管理為例，由各水源保護區主管機關應統合劃設水源保護區及訂定管制事項，以整合水源保護區管理工作。據此，經濟部水利署優先辦理高屏溪、東港溪、頭前溪、曾文溪等水源水質水量保護區之檢討

劃設，先後於89年11月及90年2月公告廢止東港溪水源水質水量保護區（面積約410平方公里）及急水溪水系新營淨水場水源水質水量保護區（面積約210平方公里）；高屏溪水源水質水量保護區亦於90年5月公告修正其範圍，劃設區域修正為高屏溪攔河堰取水口以上之集水區（刪除武洛溪污水截流後之範圍），面積由3,115平方公里縮減至2,896平方公里，共刪減219平方公里，如表三所示。其他多處非供作為飲用水或已停止使用之水源，亦辦理檢討劃設範圍或廢止事宜。

惟因曾文溪水源水質水量保護區提出解（縮）編保護區範圍時，經濟部水利署檢討玉峰攔河堰已可截取曾文溪之公共給水量，預計縮減玉峰攔河堰下游至曾文溪備用淨水場取水口約48平方公里之範圍。但因涉及經濟部、農委會及環保署依據自來水法共同辦理之「飲用水水源水質保護綱要計畫」五大流域（含曾文溪）養豬戶依法拆除補償工作之執行範圍（90年12月底已執行完成），以及嘉南農田水利會之水量交換協商，且又因台南地區工商業快速發展，例如開發台南科學園區、台科技工業區、大新營工業區及外圍特定區等案，未來需水量遽增，以現有水源之水量勢將不足，而新水源如美濃、瑪加水庫及南化水庫加高計畫等開發不易，為滿足用水需求，有賴利用曾文溪豐水期可觀之

表三 自來水水源水質水量保護區之檢討劃設情形

時間	檢討劃設情形	刪減面積
89年11月	公告廢止東港區水源水質水量保護區	410平方公里
90年02月	公告廢止急水溪水系新營淨水場水源水質水量保護區	210平方公里
90年05月	修正高屏溪自來水水源水質水量保護區域，修正為高屏溪攔河堰取水口以上集水區，刪除武洛溪污水截流後之範圍。	刪減 219 平方公里 (3,115→2,896 平方公里)
90年03月	預定縮編曾文溪水源水質水量保護區，縮編玉峰堰下游至曾文溪備用淨水場取水口範圍	研擬刪減 48 平方公里 (尚未公告修正)
90年06月	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 基於水源水質保護之立場，行政院 90 年 5 月 29 日核定「水源水質水量保護區之解(縮)編應實施環境影響評估之政策細項」，環保署爰於 90 年 6 月 7 日公告在案。</li> <li>● 依據環保署發布之「政府政策環境影響評估作業辦法」規定，政策評估說明書應由政策研提機關提出，爰此，未來涉及水源水質水量保護區之解(縮)編，主管機關依法則須提出政策評估說明書。</li> </ul>	

資料來源：本報告整理。

未控流量與南部地區整體水資源聯合運用，倘若水源遭受污染即予解除保護區顯不合理，其水質勢必將更加惡化，為確保水源水質水量之潔淨充足，保護區實不宜輕言廢除。因此，行政院乃於90年5月29日核定「水源水質水量保護區之解(縮)編應實施環境影響評估之政策細項」，環保署爰於90年6月7日公告增列「水源水質水量保護區縮編」應實施環境影響評估之政策細項(如表四所示)，未來涉及水源水質水量保護區之解(縮)編，主管機關則須依法提出政策評估說明書，經環評審查通過，方可辦理解(縮)編。

## 二、飲用水水源水質保護區劃設情形

飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離評估劃定工作，係依據飲用水

管理條例施行細則第12條規定之劃定原則，並針對111處99.02萬公頃之自來水水源水質水量保護區進行檢討，經評估約有12萬公頃已不供作為飲用水水源；其餘87萬公頃中，屬水庫集水區面積約為36萬公頃，甲類水體之集水區面積約為31.5萬公頃，乙類水體及其他之集水區面積約為19.5萬公頃。經初步評估調查供飲用水用途之甲類水體及水庫集水區面積約為67.5萬公頃，此即為飲用水管理條例施行細則第12條規定應劃定為飲用水水源水質保護區的區域，雖大部分屬國有林班地及山坡地，但其中原住民保留地及都市計畫區面積約為13.33萬公頃，以石門水庫、頭前溪、烏溪支流北港溪、曾文水庫、高屏溪及牡丹水庫等6處最多，經地方政府初步評估認為暫不劃定(如圖一所示)。

表四 應實施環境影響評估之政策細項（核定本）

政策名稱	政策細項
一、工業政策	工業區設置
二、礦業開發政策	砂石開發供應
三、水利開發政策	台灣地區水資源開發計畫
四、土地使用政策	高爾夫球場設置
	農業生產用地及保育用地大規模變更作非農業使用
	水源水質水量保護區縮編
五、能源政策	能源配比
六、畜牧政策	養豬
七、交通政策	重大鐵工路線
八、廢棄物處理政策	垃圾處理
九、放射性核廢料之處理政策	核能電廠用過核燃料再處理

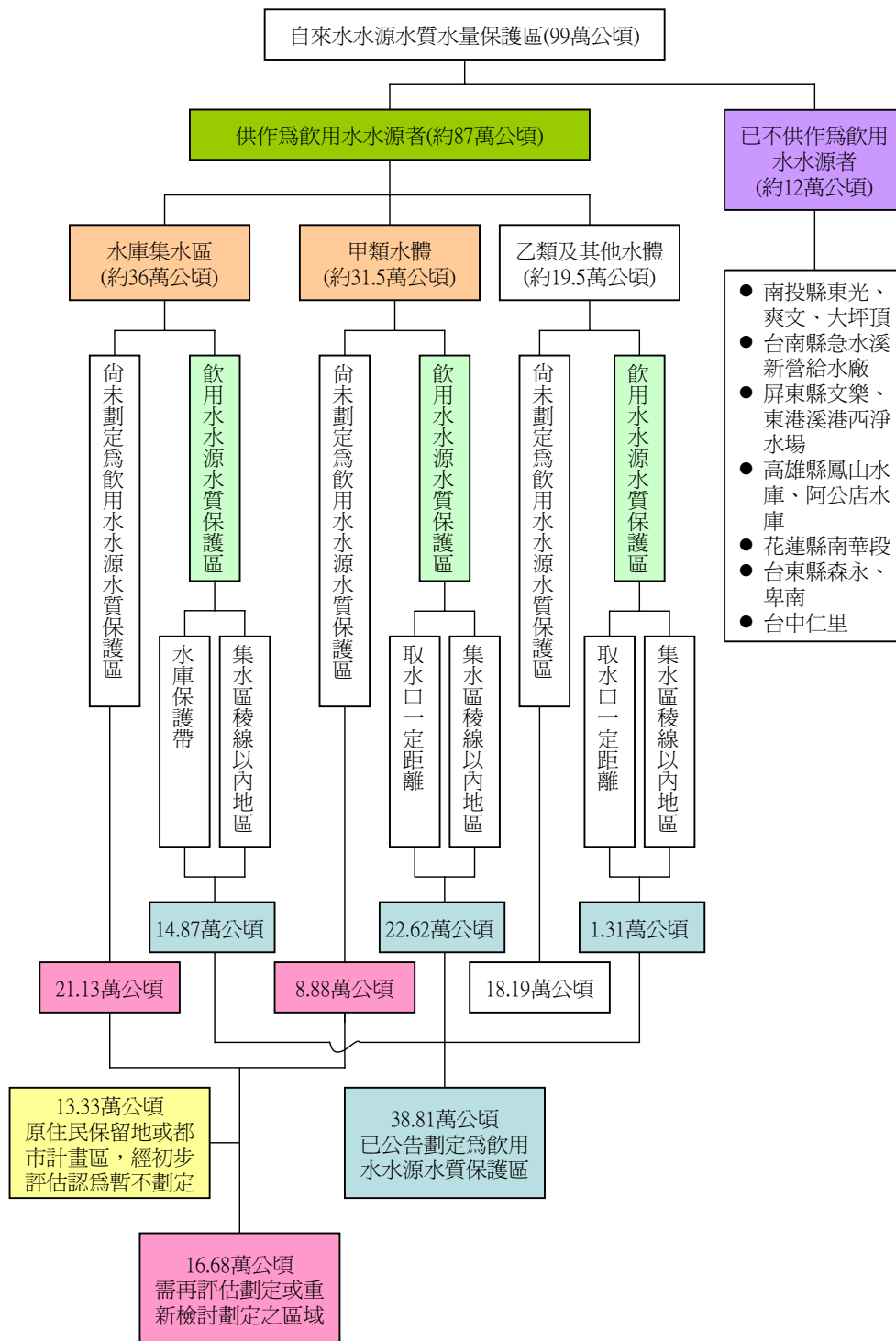
環保機關對既有自來水水源水質水量保護區進行評估檢討後，經初步評估應劃定為飲用水水源水質保護區96處，劃定為飲用水取水口之一定距離51處。惟因自來水水源水質水量保護區劃設面積過大，不但引起民眾抗爭，水源保護工作亦無法落實，造成相關單位背負過多壓力卻無法紓緩，且由於飲用水水源水質保護區管制較為嚴格，又因原已被劃定為自來水水源水質水量保護區，以往所承諾補償方式與標準大部分未取得共識或無相關補償措施，再被劃為飲用水水源水質保護區，造成多重限制，嚴重影響區內居民權益，另因劃設時期因較晚，來自社會各界壓力相當大，反對劃定者主要為區內居民、民意代表及地方首長等，擔心該土地被劃定為保護區後，地方發展受到嚴重限制，影響當地居民權益及地方繁榮，而持反對劃設者則大多要求應有相當補償與回饋其所受之

損失後，才同意協商劃設。因此，目前飲用水水源水質保護區劃設範圍約為自來水水源水質水量保護區的三分之一，大部分與自來水水源水質水量保護區重疊（如表五、表六及圖二所示）。而依據飲用水管理條例施行細則第12條規定，甲類水體集水區及水庫集水區為飲用水水源水質保護區應劃定之範圍，目前尚有部分區域尚未劃設完成或需重新評估劃定。例如翡翠水庫集水區（台北水源特定區）尚未公告劃定，部分已公告之保護區因劃設區域不完整，尚須進一步評估劃定。

#### 肆、水源保護區劃設問題之評析

##### 一、究竟應劃多大

台灣是一個地狹人稠的地方，人口密度居世界第二，土地利用與開發乃成為各級政府的施政重點。依據經建會於「環境敏感地區土地規劃與管理之研究」中，將



圖一 飲用水水源水質保護區評估檢討劃定面積之分析圖

水源保護區歸類於資源生產敏感地區之地表水源保護區，其定義為：「水源水質水量保護區主要為確保水源之品質、水量穩定及保持水文系統之平衡而劃設」；再依「國土綜合開發計畫」之討論，則將水源保護區與水庫集水區、地下水資源區、保安林地等併為資源生產敏感地，而歸屬為「限制發展地區」，惟在相關法令中並未明確定義其程度及範圍。而水源保護區劃設

後，亦未隨環境的變遷定期檢討其範圍，以促進土地合理有效利用，加以地方政府、當地民眾希冀重新檢討聲浪高漲，因此，重新檢討目前自來水水源水質水量保護區範圍有其迫切性。

台灣土地大多已開發利用，各項影響水源水質及水源水量之行爲，並未能完全禁止，自來水水源水質水量保護區公告劃定後，各項污染行爲之查處未見有效執

表五 已公告劃定飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離  
(按劃設機關別統計)

劃設機關	總計		水庫集水區		甲類		乙類		丙類		未分類	
	區數	面積(公頃)	區數	面積(公頃)	區數	面積(公頃)	區數	面積(公頃)	區數	面積(公頃)	區數	面積(公頃)
總計	135	388132.6148	33	148735.9808	31	226223.424	40	2606.12999	3	444.43	28	10122.65
環保署	10	285681.61	5	109076.9	1	175450	4	1154.71	-	-	-	-
臺北縣	10	4921.91	-	-	1	1947.3	5	47.39	1	43.72	3	2883.5
宜蘭縣	11	1792.75	-	-	4	1733.91	5	41.23	-	-	2	17.61
新竹縣	9	314.12	1	57.8	3	142.6	5	113.72	-	-	-	-
苗栗縣	4	27082.15	4	27082.15	-	-	-	-	-	-	-	-
臺中縣	6	27937.78	-	-	6	27937.78	-	-	-	-	-	-
南投縣	13	6994.58	-	-	8	6960.31	5	34.27	-	-	-	-
嘉義縣	9	9497.774	-	-	3	9091.104	5	398.28	1	8.39	-	-
臺南縣	2	6102.28	2	6102.28	-	-	-	-	-	-	-	-
高雄縣	1	358	1	358	-	-	-	-	-	-	-	-
屏東縣	1	4243.35	1	4243.35	-	-	-	-	-	-	-	-
臺東縣	23	7624.84	-	-	1	10.07	3	752.82	-	-	19	6861.95
花蓮縣	8	3431.63666	-	-	4	2950.35	2	11.97666	1	392.32	1	76.99
澎湖縣	6	861.95	6	861.95	-	-	-	-	-	-	-	-
基隆市	8	867.49613	2	815.7628	-	-	6	51.73333	-	-	-	-
臺北市	3	282.6	-	-	-	-	-	-	-	-	3	282.6
金門縣	11	137.788	11	137.788	-	-	-	-	-	-	-	-

資料來源：行政院環境保護署環境衛生及毒物管理處。

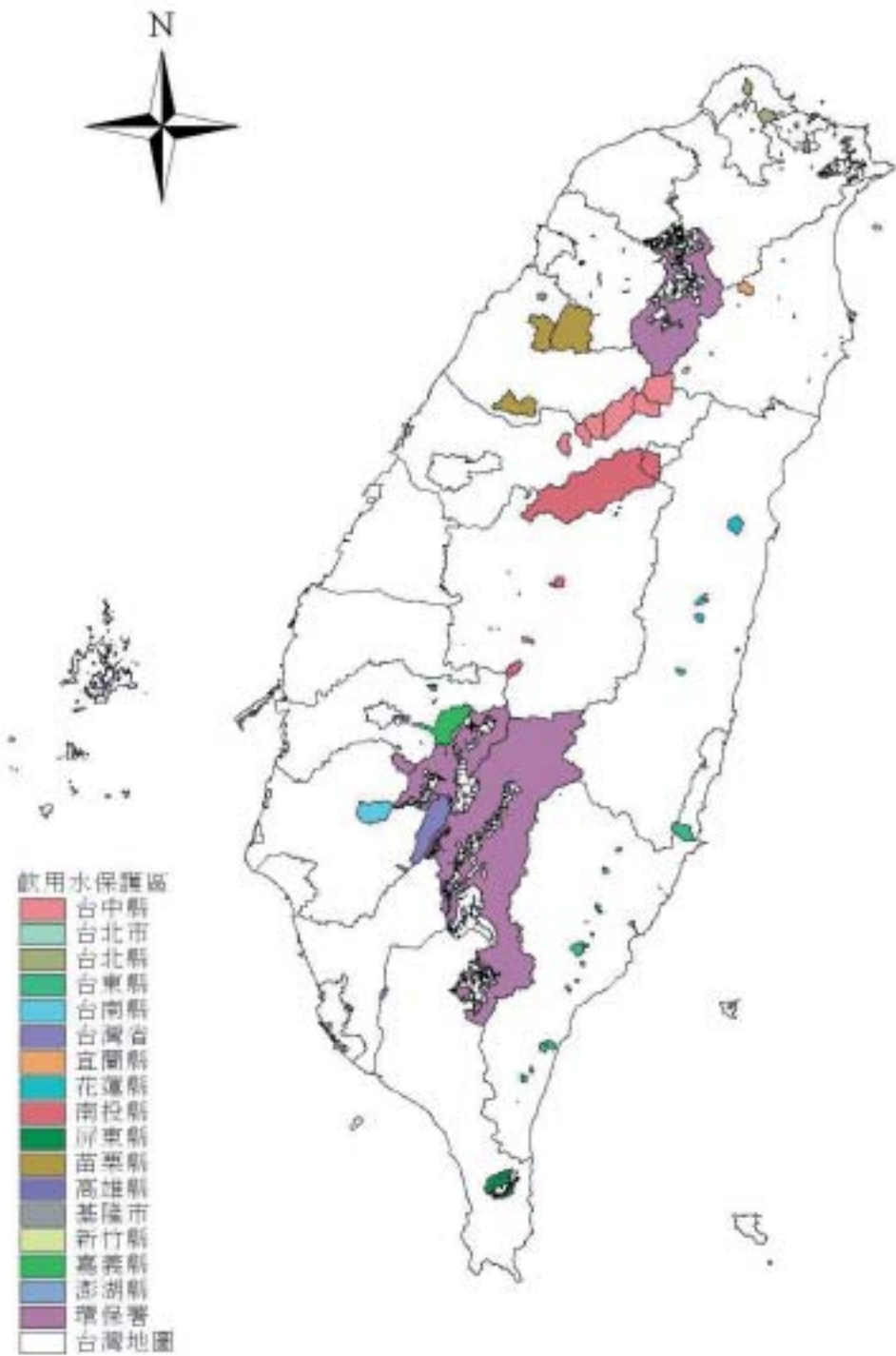
表六 已公告劃定之飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離

(按流域別統計)

流域別	總計		保護區		取水口一定距離	
	區數	面積(公頃)	區數	面積(公頃)	區數	面積(公頃)
總計	135	388132.6148	86	386393.5148	49	1739.09999
淡水河系	19	57611.35613	5	57056.5828	14	554.77333
老梅溪	1	994.91	1	994.91	-	-
瑪鍊溪	1	1756.5	1	1756.5	-	-
雙溪	1	1947.3	1	1947.3	-	-
蘭陽溪	8	1767.78	4	1733.91	4	33.87
東澳北溪	1	7.36	-	-	1	7.36
南澳溪	2	17.61	-	-	2	17.61
鳳山溪	2	53.69	-	-	2	53.69
頭前溪	8	457.96	1	57.8	7	400.16
中港溪	3	15070.03	2	15058.54	1	11.49
後龍溪	1	6092.52	1	6092.52	-	-
大安溪	1	5931.09	1	5931.09	-	-
大甲溪	7	32079.16	7	32079.16	-	-
烏溪	6	1028.43	5	1019.01	1	9.42
濁水溪	6	1824.77	2	1799.92	4	24.85
北港溪	2	377.7	2	377.7	-	-
朴子溪	2	18.81	-	-	2	18.81
八掌溪	5	9757.464	2	9696.884	3	60.58
急水溪	1	2683.07	1	2683.07	-	-
曾文溪	5	55916.11	4	55914.34	1	1.77
高屏溪	3	176307.34	2	175808	1	499.34
四重溪	1	4243.35	1	4243.35	-	-
秀姑巒溪	2	398.14461	1	392.32	1	5.82461
花蓮溪	3	1235.34	3	1235.34	-	-
美崙溪	1	1715.01	1	1715.01	-	-
立霧溪	1	6.15205	-	-	1	6.15205
大不岸溪	1	76.99	1	76.99	-	-
大竹溪	2	525.93	2	525.93	-	-
大武溪	1	7.89	1	7.89	-	-
太平溪	4	1626.31	4	1626.31	-	-
水母丁溪	1	9.18	-	-	1	9.18
瓦崗溪	1	5.13	-	-	1	5.13
卑南溪	4	762.89	4	762.89	-	-
知本溪	2	295.02	2	295.02	-	-
金崙溪	2	1111.62	2	1111.62	-	-
流麻溝溪	1	147.6	1	147.6	-	-
馬武溪	2	19.09	-	-	2	19.09
其他流域	21	4246.008	21	4246.008	-	-

說明：淡水河系包括淡水河、基隆河、新店溪、大漢溪；面積單位為公頃。

資料來源：行政院環境保護署環境衛生及毒物管理處。



圖二 已公告劃定之飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離分布圖

行。此外，水源區內原有建築物及土地利用等影響水源水質行為之補償經費，亦非政府財力所能負擔。因此，為確保飲用水水源之潔淨，水源保護區劃定範圍之評估，應根據水源之重要性、污染量多寡、水質污染狀況與特性、周圍環境條件及政府財政、人力等，採績效指標、使用許可制度與分區分級之發展管制方式，應較為實際可行。

## 二、分區分級管理尚待建立

在人口不斷成長與土地需求日益殷切情形下，水源保護區內採嚴格禁止管制方式限制土地使用，實際上不可行，例如山區原住民的生計行為應視實際情形而做不同程度的管理，才較為務實可行之道。因此，水源保護區內的土地管理實有必要進行檢討，期能「以管理代替全面管制」，並儘可能尋求能兼顧水源保護與土地開發等要求的管理模式。而水源保護區分區分級管理的理念上，仍以維護水源水質、水質水量及水土保安為目標，僅是改變全面性禁制型態的管制方式，而代以分區域、分程度的管理方式。相對於過去的管制方式，分區分級管理是屬於較具彈性，同時全面嚴格管制面積不再似過去的大範圍，僅最嚴格等級區域而已，其他區域則獲得某一程度的發展，對土地使用限制程度減低，並較易讓民眾接受。

## 三、欠缺補償與回饋機制

過去因水源區之開發行為與水源水質污染情況尚未十分嚴重，水源保護工作並未落實管制，且亦不具迫切性，因此，其象徵意義重於實質意義，居民並沒有深刻感受到限制或不便。惟近年來「水」的「質」與「量」皆發生了問題，居民也感受到限制與不便，除了抗爭外，也相對地提出「補償」或「回饋」的聲音，但多無法獲得適當的回應，自然影響水源保護執行的成效。此外，對於水源保護區內原有建築物及土地利用之補償事宜，政府並未建立透明化、合理化與制度化的補償制度，致使區內居民、民意代表及地方首長強烈反對被劃為保護區，而水源保護區內除劃設法令限制之外，其他相關限制法令多如牛毛，管制層層疊疊，令其動輒得咎，地方政府執行意願亦低落，造成水源保護區內污染管制無法落實。

水源保護區之劃定為公共利益保護政策，在執行過程中必會形成利益不平衡，造成保護區內居民權益受到限制，因此，對於原有建築物或土地使用之拆遷或改變使用以保護水源者，政府應給予合理之補償，輔導轉業，以免造成社會不公現象。又保護區外之受益者亦應給予區內權益受限者合理之回饋。目前因無較完善且合理的補償與回饋措施，在水源保護區劃設予

以管制時，常遭到抗爭而難以執行。因此，政府在劃設保護區予以管制時，應讓民眾有充分參與討論及監督的機會，並對劃定後執行所需支付的補償金額進行合理查估，建立制度化的談判程序，使民眾因有所補償而同意於一定期間內拆除、改善或改變使用。同時因保護區劃定後，居民長期受到限制，故應先有明確的回饋辦法後，再劃定或執行禁止行動。惟飲用水管理條例中並無回饋相關規定或授權命令，相關補償及回饋辦法亦付之闕如，故亟待修法及整體回饋制度之制定<sup>註四</sup>。

#### 四、法令競合，易遭民怨

長期以來，水源保護區的相關立法，在以經濟發展主軸的大環境下，政府常偏向短期的需求，因應與片段式的功能性思考，造成水源保護法制的混亂，負載不同功能的各類法規紛然雜陳，呈現雜亂漸增的現象，對水源保護相當不利。而不同權責機關對保護區內採行不同土地使用管制，管制內容不一，寬嚴程度一有所別，導致事權不統一，執行時民眾不諳法令，致多所怨言。例如原本已公告劃定「自來水水源水質水量保護區」，目前又增加劃設「飲用水水源水質保護區」，造成法令競合，民眾不易理解，易遭民怨。

現行水源保護區的法規並不欠缺，問題反而是多元法規、多元機關與多元權責

的交雜下，缺乏整體規劃與制度設計，造成執行上紛擾。當前有關水源區的法律、條例、規則或辦法已達20個之譜，主管機關涵蓋中央6部會及省市、縣市等地方政府。直接或間接以「水」作為規範對象的法令，舉其要者：水利法從水資源利用的觀點，規範水利管理與水利事業；自來水法則著眼於自來水事業的營運發展與管理；水污染防治法以污染防治為立法目的；飲用水管理條例則單從飲用水的水源水質做規範；水土保持法立意在於保護水土資源，防止災害；下水道法則以都市計畫地區及指定地區興建下水道來保護水域水質。這些「水法」從不同的角度規範「水」的問題，不僅各自有立法目的，也各自有管制方式與內容，更有不同的主管機關負責。

然而，這些管制法令並不因管制範圍重疊而有整體性的規劃或統整。相反的，各個法令在不同的主管機關下，存在不同的管制標準，或是相同的管制行為卻存在不同的處分方式。前者如飲用水管理條例規定保護區內不得進行探採礦，而自來水法卻僅規定不得排放超過規定標準之工礦廢水，水庫集水區治理辦法更僅規定，水庫集水區內申請設定礦業權僅須由有關單位核定並徵得水庫治理機關同意；後者如自來水法第96條與飲用水管理條例第20條，對在保護區內以營利為目的之飼養禽

畜污染水質之行爲，均有罰則規定，但罰則卻不相同，使其於執行過程中的立場常因不同法令而不同的管制及罰則，勢必引起民怨。

## 五、管理體系重疊且紊亂

我國水源保護區管理體系十分紊亂，例如臺灣各水庫管理單位多係由興建單位爲其需要而設立，自中央及地方政府乃至財團法人及事業單位皆擁有管理權，導致水資源調配困難。而在權責劃分不清之下，極易造成遇事互踢皮球的現象。此外，水源保護區域與行政區域重疊糾葛，例如高屏溪、曾文溪、石門水庫等保護區跨越數個縣市，致事權未能集中，行政標準不一，遇有政治立場迥異的行政首長或不同層級的行政區域時，往往有協調的困難。再加上水源區土地大多屬國有地，平均占74.58%，因用途的不同包含國有林班地、原住民保留地、農場地、自然保留地、水庫保護帶地、林班解除地、公有原野地、國有財產局直接管理地及觀光風景區等，由於土地類別的差異，管理機關也有所不同；而每一管理單位都有其個別的管理理念與立場，致使問題更爲複雜，不易解決。若水源區與國家公園土地有重疊時，所涉及的問題，又如照顧榮民與保護原住民，也一樣不易處理。

行政管理體系另一個問題，在於中央

與地方權責劃分不清。有關集水區治理或管理，究竟中央在決策方向或經費上應介入至何等程度或是逕由地方政府獨立執行，這些事權都不明確，往往因案而異或因人而異。除土地類別外，我國之集水區是以河川上、中、下游區分權責機關，此種管理上複雜的「分工」體系，往往是臨事相互推諉或工作未能協調的主要原因。最近雖成立幾個以集水區或流域爲管轄範圍的管理單位，但由於相關法規與辦法都付之闕如，該管理單位則是徒具虛名，無法發揮功效。

## 六、執行人力、財力不足

根據環保署初步調查甲類水體及水庫集水區內污染行爲爲例，山坡地超限利用情形約有6,500筆，初估回收補助造林，需經費約37億元；保護區內飼養家禽家畜的數量十分驚人，初估禁養補償經費約35億元（以上經費爲環保署初估草案）以上；尚有補償費難以估計之84處礦區及其他污染行爲。若以翡翠水庫集水區8千頭豬隻補償禁養執行了4年才完成，德基水庫土地超限利用（1,171公頃）之回收造林案，執行了8年，阿里山公路濫建濫墾及山葵種植（200餘公頃）改善案，執行5年，均投入大量人力物力。此外，水源區內原有建築物及土地利用等影響水源水質行爲之補償經費，亦非政府財力所能負

擔。因此，水源保護區內污染行為管制，整體執行之人力運用及權責分工，以及經費財源之籌措問題，亦是亟待解決之問題。

水源保護工作非僅劃設保護區即可達成，各項污染防治工作須相關共同配合辦理，並有具體行動計畫，方能達到預期效果。由於水源保護區管制工作涉及土地利用、森林保育經營、水土保持、山坡地保育、自然資源保育及污染防治等及權責，主管機關亦分屬內政部、經濟部、農委會、環保署等部會及省（市）、縣（市）政府等，其管制與整治工作牽涉範圍甚廣，涉及相關權責機關亦相當多，例如飲用水管理條例第5條中明列保護區內不得有12項污染水源水質行為，其所涉及層面甚廣，非單一機關所能執行，且各項管制資料亦分存各單位中，缺少統一整合機關，因此，應整合各權責機關之管制人力、組織、行政資源等方面加強縱向與橫向的聯繫，作一整體性規劃與管理，方可收事半功倍之效。

## 七、水質與水量不可分割

水源保護包括「水質潔淨」與「水量涵養」兩部分。水質惡化與水量流失，在自然界的作用中，固然有不同的物理及生物機制，不同水源可承受的惡化程度或流失數量亦不相同，雖各有不同之作用機

制，但水質與水量對於水源保護區的劃設評估，具有密不可分之相互影響關係。而在水源保護區中，絕大部分是同一行為，同時產生水質惡化及水量流失的二種結果，尤其是變更土地使用的開發行為。但現行依據飲用水管理條例第5條規定所劃定之飲用水水源水質保護區，除保護區名稱改變及主管機關的變更，就其劃定管制範圍審視，已排除「水量」之保育與涵養的功能，似乎有違逆水質與水量整合管理之趨勢，水源之水質與水量的物理化學影響互為因果，應一併考量為宜。

貽害水質與水量的行為具有上述不可分割性，在行為管制時如分由不同機構執行，將造成無效率或不當管制的問題發生。因此，在評估劃設水源保護區之範圍時，應兼顧水質與水量之目標，且必須一併考量，其所評估劃定之保護區或水源保護方案等措施，始具可行之實質效益。

## 八、相關基本資料欠缺

水源保護區的劃設工作，雖有擬定程序、核定程序，但授權法令並沒有給予劃定及核定機關明確的劃定原則，用以作為水源保護區的評估劃設工作之依據。例如自來水法中並無明文規定應劃設的範圍和內容，則核定機關也無從據以對自來水事業所劃設的保護區進行目的性與合法性的監督。除自來水水源水質水量保護區之

外，水庫集水區、飲用水水源保護區、水源特定區，皆有相同的狀況，且大多未對於污染源進行調查。

美國需以五年時間完成保護區內污染源調查工作，目前已公告劃設之111處自來水水源水質水量保護區以及135處飲用水水源水質保護區與飲用水取水口依定距離之相關基本資料仍多缺乏，主管機關應積極建立基本資料。同時欠缺民眾參與保護工作，鼓勵當地居民、社會團體及學術單位，進行調查研究，定期檢討已劃設保護區之執行績效。此外，由於台灣地區地形地勢、水文水理及土地利用特性異常特殊，關於本土化水源涵養能力及非點源污染負荷等基礎研究尚待加強。而水源管制亦未作可能的污染行為或活動（Possible Contamination Activities, PCAs）的評估，不知管制目的為何？

## 陸、水源保護區劃定之因應對策

### 一、建立分級分區管理制度

依據經建會87年12月之「全國國土及水資源會議」結論與建議及擬採行措施，限制發展地區內之土地使用（含原住民保留地），應兼顧當地生態、生產及生活發展需要，由各該目的事業主管機關經營管理，採用績效標準及分區分級之發展管制方式，並應配置相當執行人力，以強化管

理績效。台灣地區現有99.02萬公頃之自來水水源水質水量保護區，占台灣地區土地面積27.5%，完全採禁止方式管制，實際上不可行。例如山區原住民的生計行為應按實際情形做不同程度的管理，此才是務實、可行之道。

有鑑於此，運用都市計畫為工具，以不影響水源保護之前提下，依據各地區不同程度之發展需求及保護目的，劃設不同之分區，並予以不同程度的管制，可以做到分區分級管制之目的。依都市計畫法規定，尚可以辦理個案變更及定期通盤檢討，是具有彈性的分級分區管理模式。以下提出水源區分區分級管理的觀念，作為未來水源保護區管理的基本原則，且以甲類水體水質不能惡化，乙類水體要達到水體分類水質標準為保護目標。

（一）第一級管制區：以甲類水體及水庫集水區內之國有林班地為範圍，面積約48萬公頃，區內完全禁止污染行為及會造成水質污染之土地利用。原則上既有土地使用予以補償拆遷後，完全禁止，故補償而不回饋。例如原住民保留地內原屬獎勵造林者，將予以補償停止，此後完全禁止非法砍伐。

（二）第二級管制區：以甲類水體及水庫集水區內之非國有林班地為範圍，面積約21萬公頃，例如原住民保留地，以限制使用及非點源污染管理方式執行。原則

上採原有土地使用予以補償拆遷，配合使用條件限制，並對各項限制所造成權益受損予以回饋，並將規劃建設聚落式污水處理設施或污水下水道建設。在下水道完成興建前，先採截流方式處理，其中包括84處原住民保留地及37處都市計畫區。現有4,100餘公頃之土地超限利用情形，亦需有關單位配合進行查處及再造林。

(三) 第三級管制區：其餘自來水水源水質水量保護區範圍，面積約30萬公頃，以放流水標準配合總量管制及污水下水道建設方式辦理。原則上將不回饋亦不補償。

## 二、研擬補償與回饋制度

水源保護區之管制措施與補償回饋制度不可分割，多年來水源保護區內權益受限受損之民眾，透過各種管道反映政府應秉持「受益者付費，受限者得償」之精神給予合理適當之補償。85年「國土綜合開發計畫」強調保障國土開發的公平性，應落實污染（受益）付費及施益（受損）受償原則，主張對於水源保護區土地所有人之損失應予以救濟；87年12月「全國國土及水資源會議」再次針對限制發展地區的管理及相對之補償及回饋做出重要結論，主管機關應就社會公平原則及居民權益受損情況分別訂定救助、補貼、補償、回饋等制度及辦法。據此，經建會乃於90年研

訂「限制發展地區救助、回饋、補償處理原則」草案，目前正由行政院審議中，以作為各主管機關處理限制發展地區回饋補償之參考依據。惟該處理原則將水源保護區內之補償僅限於地上物拆遷的補償及租稅的減免，並未延伸至「施益者受償」的作法，例如造林者之造林費用雖視為損害費用以作為補償之依據，但造林所帶來的外部效益並無考量在內，造成地主缺乏改善土地品質與造林等之經濟誘因，使地主們排斥保護區之劃設及保育。建議應給予施益者合理的補償，以鼓勵加強提供公益，並按施益者提供之公益大小、受限程度大小或環境敏感程度大小，給予保育行為之補償。

水源保護政策既然屬於管制性政策，於執行過程中與受管制者之關係常存在著各種不合作之型態，而「受益者付費，受限者得償」已經是大眾所能接受的共識，在水源保護區管理制度上，絕對有必要納入「回饋」相關機制，以消弭兩者間之衝突與不滿。目前台北水源特定區已執行的「協助地方建設辦法」，其精神上係屬於回饋的一種，因屬全國首創，在執行上仍有改進的空間；然而由各鄉市公所視其特性、需要，自行規劃運用的方式，既可符合地方需求，又可減少民眾對政府的不滿，實可供各管理機關參考。

此外，為落實水源水質保護，除進行

保護區之劃定外，有關整體管理制度及財源籌措法制問題，應健全水源保護管理法規，建議修正自來水法第12條之1條文，明訂於水價外附徵10%之費用，作為水源保護區之補償、回饋及小型污水下水道系統之操作營運費用，並規劃設置簡易自來水設施等。提出下列二項政策方向：

### （一）修正飲用水管理條例

1. 分區分級管理之理念法制化。
2. 訂定主管機關執行水源保護工作之程序，應從進行污染源及污染水源水質之行為調查評估，至研擬保護區範圍及提出改善或避免水質惡化之水源水質保護行動計畫，並公告實施，才能達執行有效性及水質保護目的。

### （二）修正自來水法第12條之1

1. 將水源保護受限回饋之區域，由原有之水源特定區擴充至依飲用水管理條例劃定公告之飲用水水源水質保護區。
2. 在自來水水價外附徵百分之十之費用，作為水源保護區之補償、回饋及環境保護建設之用。

將水源保護區之受限回饋區域，由都市計畫程序之水源特定區擴充至飲用水水源水質保護區，主要考量飲用水水源水質保護區之劃定，將按其水質需求及土地利用限制條件等，採分級分區管理，區分為

完全禁止區、限制管制區。因此，回饋方式考量按其土地受限程度之不同而有所不同，例如完全禁止區為國有林班地，補償不予回饋；限制管制區，至少為供飲用水之甲類水體及水庫集水區，屬主要回饋區域。此外，許可管制區為非上述二區域之自來水水源水質水量保護區，應無土地減免稅賦之規定。茲將建議修正之自來水法第12條之1條文中，有關水源特定區與飲用水水源水質保護區之適用異同詳如表七所示。

### 三、研訂水源保護區劃定準則

水源保護區之劃定，需特別考量民眾參與之意見，補償與回饋制度，並兼顧保護水源及執行可行性。為使水源保護區劃定工作透明、公開，並讓全民參與，內政部及環保署亦分別委託辦理「自來水水源水質水量保護區劃設準則研訂」及「飲用水水源水質保護評估準則」研究計畫。惟該劃定準則並無法令之授權訂定，建議應依據行政程序法之精神，未來於修訂自來水法及飲用水管理條例納入修正，以作為水源保護區劃定範圍及評估作業之依據。

### 四、成立管理專責機關統合管理

近年台灣地區多處自來水水源之水質每況愈下，且區內居民感受自身權益被剝奪，而時有抗爭之情事發生。究其原因在於現行水源保護之相關管理事項分散在各

表七 水源保護區適用於自來水法第12條之1規定之比較表（建議修正）

項目	水源特定區	飲用水水源水質保護區
程序	依都市計畫法劃定之水源特定區	依飲用水管理條例劃定者，不再依都市計畫法劃定為水源特定區
稅賦減免	依土地受限程度減免	依土地受限程度減免
回饋金	水價外附徵一定比例	由其用途估算所需之經費，再明訂回饋金比例，亦由水價外附徵或水污費及其他費提撥
徵收區域	供水地區	供水地區
運用區域	台北水源特定區	所有飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離
用途	協助地方建設	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 協助地方建設</li> <li>● 聚落式污水處理設施建設操作維護</li> <li>● 簡易自來水設置與操作維護</li> <li>● 水費減免</li> </ul>
運用方式	專款專用於台北水源特定區台北縣五鄉(市)	專款統籌用於所有區域
組織	台北水源特定區地方建設小組置十九位委員	由經費經濟部、環保署、農委會及相關地方政府等，負責經費運用之審議事宜，相關地方政府則成立聯合專案小組推動之

資料來源：本報告整理。

主管機關，用水地區與集水區（即水源保護區）常分屬不明，同行政區域，且水源區保護工作牽涉多個部會，為避免互相推諉致責任不明，建議可參酌英、法、荷等歐盟國家對水資源之管理制度，大多採區域制，即以河川流域為範圍，統一事權，以期事半功倍。

水源保護區管理應兼顧經濟性及需要性，目前所公告劃設之水源保護區範圍及管制事項，尚未考慮河川上、下游之間成長壓力不同的特性，未來水源保護區之管理規劃應朝向統合管理及協調分工執行的方向進行，以促使水源保護區內之水、土、林統合管理，達成水源保護區各項管

制業務統合分工執行的目標。惟考慮各機關整合之複雜性及配合度，亦可於初期整合水資源開發、水資源保育及分配機關（經濟部）、用水機關（自來水公司之民生用水及工業用水、台電之發電用水、農委會之農田水利用水）、水質保護機關（環保署）、水土保持機關（農委會）、林業經營保育機關（農委會）及自然保育機關（內政部、農委會）等。未來應落實87年12月「全國國土及水資源會議」結論與建議事項，由國土主管機關應會同各水源保護目的事業主管機關及各界統合劃設水源保護區及訂定管制事項，以有效整合水源保護區各項管制工作。

## 五、水質標準、總量管制及經濟誘因 應予以整體應用與規劃

飲用水水源水質標準、地面水體分類水質標準及放流水標準等三類均應納入水源保護工作之水質管理之主軸，以適當水質標準為基準估算出流域內之污染削減量，並搭配水體涵容能力評估總量管制的需要性，以達成保護水源水質之目標。

### (一) 徵收水污染防治費

基於污染者付費，以經濟工具結合「行政管制」手段，研擬徵收水污染防治費有效促使污染削減污染排放量，並提撥一定比例之經費作為水源保護區水質保護工作<sup>註五</sup>。

### (二) 污染排放交易制度

規劃污染源間進行排放防治責任之交易，將責任數量量化成共同、可執行、可衡量之單位，如排放量之重量單位，再進行點源與點源，非點源與非點源，或點源與非點源間之交易，以控制污染排放總量。

## 六、加強教育宣導，促進民衆參與

一個成功的水資源保育制度，不能單靠政府部門的行政管制，根據各國的經驗，區內居民、利害關係者與地方自治團體參與保護區管理工作之積極性為保護區成功的重要因素。我國目前保護區內居民、利害關係者與地方自治團體缺乏誘因

積極參與水資源保護工作，因此水資源保育工作成效不佳。故應提升保護區內居民、利害關係者與地方自治團體參與保護區劃定與管理的程度，讓公民能夠實際參與決策。

此外，主管機關亦應加強水源保護區重要性的宣導，讓民眾瞭解到水源保護與其本身之切身關係，以及水源保護對公眾飲用水水質改善之重要性，以減少保護區劃定時所可能遭遇的抗爭，並在保護區劃定公告後，可借助民眾力量進行違規行為之舉發，並協助執法者，化阻力為助力，對整個管制工作將有結構性的助益，並可彌補政府因人力不足而無法確實執管制工作。

## 陸、結語

自來水法對於自來水水源水質水量保護區已提供良好的法律基礎，從水源到淨水場的管理皆有完備的規範，目前較欠缺的是整合各法令之主管機關在水源保護區之行政裁量尺度，配合水質水量保護之優先性，建立具體之保護目標、推動措施內涵、分工與期程，訂定各水源區之「水質水量保護經營計畫」。以協調整合及監督保護區內各目的事業主管機關配合執行，並運用現代化科技如航照、衛星圖片及直升機機動發現違法、交付取締，並追蹤其執行績效，當可確保水質的潔淨與水量的

豐沛，而自來水水源之開發經營設置監督管理亦可形成一完整體系，當水質無法達到需求時，即可就限制開發之成本與提升淨水處理設備作一評估，如限制開發成本過高，且水質改善不易時，即可投資設備提升處理功能，以確保飲用水之安全。

我國現行水資源管理權責歸屬經濟部水利署，相關單位包括各區水資源管理局、河川局、台北水源特定區管理局、水庫管理局及自來水事業等，無論在水資源規劃、水利工程、水源涵養、水質管理及水資源調配等方面，皆與水資源保育息息相關，宜應合乎世界潮流之整體流域管理觀念來思考水資源保育利用的問題，不宜將流域切割為上、下游交由不同機關管理，因此，未來在水源保護區採分級分區管理以及兼顧水源水質水量涵養之條件下，可考慮將既有水源保護區整合，以收統一事權之效。

### 參考資料：

#### 一、參考文獻：

1. 陳秋楊，自來水水源水質水量保護區劃攝影響因子量化基準、劃設準則及績效指標之研究計畫，內政部營建署委託研究計畫，民國90年3月。
2. 財團法人中技社環境技術發展中心，訂定台灣省河川流域性飲用水水源水質保護實施計畫，台灣省政府環境保護處委託研究計畫，民國87年6月。
3. 財團法人中技社環境技術發展中心，飲用水水源水質保護綱要計畫整治規劃成效評估報告，行政院環境保護署委託研究計畫，民國89年12月。
4. 蕭代基、黃書禮，建立限制發展地區救助、補助、補償、回饋制度與辦法之研究，限制發展地區補償財源籌措之研究，行政院經建會委託研究計畫，民國89年。
5. 蔡鴻德、劉蕙雯，台灣地區飲用水水源水質保護策略，水資源管理季刊，7：26-33，民國89年。
6. 行政院環境保護署，環境與水資源論壇會議資料，民國89年12月。
7. 時報文教基金會，水的關懷—21世紀的海島願景研討會論文集，民國89年9月。
8. 經濟部水資源局，水資源政策白皮書精簡本，民國86年6月。
9. 行政院經濟建設委員會，全國國土及水資源會議結論與建議，民國87年12月。
10. 財團法人中技社環境技術發展中心，飲用水水源水質保護工作執行計畫報告，嘉義縣環境保護局研究計畫，民國89年11月。
11. 行政院國科會，第六次全國科技術會

議資料，第四議題子題二題綱2：飲用水水源保護，民國90年2月。

12. 行政院環境保護署，九十年年度飲用水水源水質保護區重點稽查計畫，民國89年11月。
13. 行政院環境保護署，90年環境保護統計年報，民國90年。
14. 行政院環境保護署，第二十二屆國際水協會（IWSA）1999年年會出國報告，民國88年12月。
15. 自來水會刊雜誌，第17卷第3期，中華民國自來水協會，民國87年8月。
16. 環境保護政策訓練出國報告，行政院環境保護署，民國89年12月。
17. 張延光，臺灣重要水源保護區問題分析與經營管理策略之探討，國立中興大學水土保持學系博士論文，民國90年8月。
18. 行政院環保署，飲用水源水庫集水區保護管理策略報告，民國81年。
19. 葉俊榮，臺灣水源水質保護法治的分析與檢討，河川再造研討會論文集（水源保護政策之檢討），PP.23-88，時報文教基金會，民國87年8月。
20. 秦孝偉，自來水水源水質水量保護區管理策略，自來水會刊第十七卷第二期第65-81頁，民國87年。

## 二、參考網站：

1. 行政院環境保護署網站，網址：  
<http://www.epa.gov.tw>。
2. 經濟部水資源局網站，網址：  
<http://www.wrb.gov.tw/>。
3. 經濟部水利處網站，網址：  
<http://www.wca.gov.tw/>。
4. 內政部營建署網站，網址：  
<http://www.cpami.gov.tw/>。
5. 行政院農業委員會網站，網址：  
<http://www.coa.gov.tw/>。

## 三、註解

註一：內政部及台灣省政府分別以76年3月21日內營字第484108號及76年11月4日府建六字第55813號函(補登)公告，以高屏溪最下游林園取水口以上之集水區為範圍，劃定面積3,115平方公里。另經濟部於90年5月15日經（90）水利字第09002605500號公告修正高屏溪自來水水質水量保護區域及管制事項暨其主管機關，劃定範圍修正為高屏溪攔河堰取水口以上集水區，面積為2,896平方公里。

註二：自來水法第12之1條水源特定區之「回饋」法源，在此特將「回饋」以括弧「」表示，係因為在修法階段，相關機關皆以政府機關之行爲應爲「補償」，「回饋」則屬於私行爲，最後以「協助地方建設」之名詞概括之。

註三：「安全最小標準」意旨爲達成資源

保育或環境保護目標，所需執行之最小管制作為，如水源保護區劃定範圍與區位、土地使用管制的程度。

註四 雖然自來水法第12條之1規定自來水事業可於水價外附徵費用，作為回饋協助區內地方建設之經費，但僅限於依都市計畫法第十二條經由都市計畫程序而擬定之水源特定區計畫者，迄今僅執行於台北水源特定區。而相關回饋規定亦訂有「水

源特定區土地減免土地增值稅、贈與稅及遺產稅標準」、「協助台北水源特定區地方建設辦法」及「台北水源特定區回饋實施辦法」等。

註五：91年5月22日修正公布之水污染防治法第11條規定中，明列水污染防治費之用途，包括地面水體污染整治、飲用水水源水質保護區水質改善及水污染總量管制區水質改善等，預期對水源區管理之經費有重大助益。

## 六個標準差與水量計維修管理資訊系統

林連茂\*

### 摘要

本文嘗試將六個標準差的幾個重要觀念，應用在水量計維修作業管理上面。包括：（1）追求一次就把事情做好的方法，不要發生問題再耗費成本尋求補救。（2）更好就是更便宜（Being better is cheaper）（3）改善品質只是一種手段，不是目的，六個標準差最終的目的在於提升公司獲利能力。

分析檢討現行的「水量計維修作業流程」之後，再進一步規劃「水量計維修管理資訊系統」。本系統由（1）進場作業管理（2）領料作業管理（3）檢定作業管理（4）抽測作業管理（5）報表作業等功能所組成。

這是台灣省自來水公司水表修理業務，首次採用電腦化作業管理。由於經驗及經費方面仍顯不足，本系統目前著重在系統整體架構的建立。期待日後累積更多實務經驗後，再逐年擴充系統功能，達到六個標準差的最終目標－提升公司獲利能力（經營績效）。

### 一、前言

「六個標準差（six sigma）」是現今全球各大企業追求進步的熱門趨勢<sup>(1)</sup>。初次接觸六個標準差，不是給人一種遙不可及理想主義的夢幻感覺，就是各種讓人望之卻步的統計分析、問題解決技巧。殊不知六個標準差所代表的不僅只是一大堆專有名詞與專業技術，更重要的是構成六個標準差之所以能夠異常成功的基本觀念。

六個標準差不是大型企業的專利品，更不是擁有高學歷的學者專家才能擁有的獨門功夫。所謂師父引進門，修行在個人。只要我們能夠清楚掌握六個標準差的基本精神，將它運用在日常工作方法的改善上。管它什麼統計分析，只要結果能夠減少問題發生的機率、能夠創造公司最大的經營效益，即實踐了六個標準差的基本精神。

本文的主要目的是探討六個標準差所揭櫫的基本觀念<sup>(2)</sup>，並試著將該觀念運用在水量計維修作業管理上。期待能因此而提高維修表的品質，同時降低各種營運及

\*台灣省自來水公司南區水表修理場場長

維修成本。

## 二、何謂六個標準差

標準差本來只是一個統計上的名詞，在此我們藉以表達一件產品發生問題的機率。由表一可以明顯的看出，當產品在3個標準差等級（sigma level）時，發生問題的機率是百萬分之66807（6.68 %）。而產品在6個標準差等級時，發生問題的機率則是百萬分之3.4（0.00034 %）。也就是說，當我們所製造出來的產品或是提供給用戶的服務，能夠達到六個標準差等級時，可以說是「完美無瑕」了。

表一、標準等級與問題發生機率

標準差等級	問題發生機率（百萬分之）
2	308537
3	66807
4	6210
5	233
6	3.4

人非聖賢（To err is human）不只是許多人犯錯時的藉口，在以往的品質觀念裡，也是將產品不良率控制在某一“合理”範圍內，訂定為追求的目標，但是，六個標準差卻斬釘截鐵地告訴我們，只要正確的觀念加上有效的方法。製造完美產品不再是遙不可及的夢想。個人認為，這是品質管理觀念上的一大突破。試問：一個沒有飛行夢想的人，怎能發明飛機？

經營企業最大的夢魘就是永遠解決不完的問題，舊的問題還來不及改善，新的問題又發生了。PDCA戴明循環似乎無法將我們帶出此一惡性循環。這不是戴明的錯，只是代表著需要新的觀念、新的工作方法才能披荊斬棘、突破重圍。而這個觀念就是「要“積極”尋找出製造完美產品的方法」。

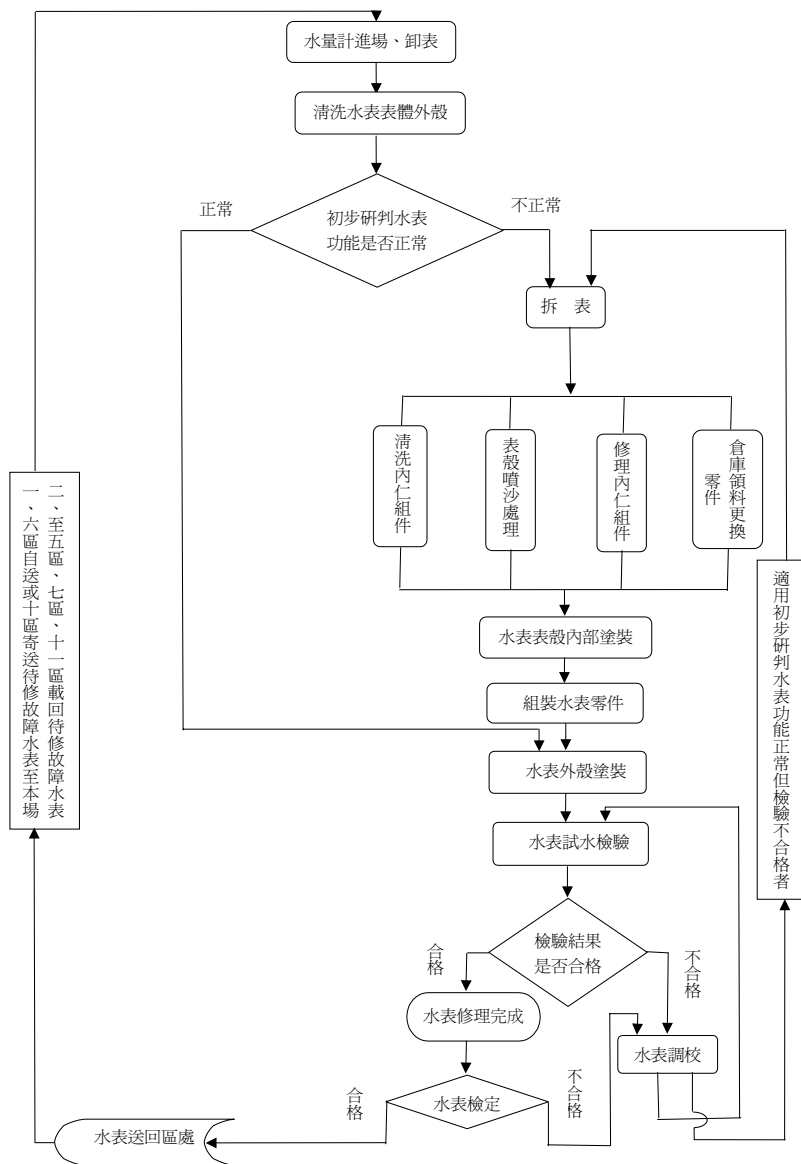
但是，如果認為六個標準差的目的，就是要製造出幾乎沒有瑕疵的產品，那就大錯特錯。雖然改善產品品質與工作效率，是實施六個標準差立即產生的成效。但是，六個標準差的最終目的則在於提升公司獲利能力。改善品質只是一種手段，不是目的。有人終日埋首於所謂的品質改善，甚至不惜成本的去追求他所認定的品質目標。卻忘了經營企業的最終目的是獲利！

誠如最早推動六個標準差的Motorola（1979年）所深切體會到的：最高品質的生產者，就是最低成本的生產者（The highest-quality producer should be the lowest-cost producer.）。唯有追求最高品質，才能從源頭去降低成本。所以，更好就是更便宜（Being better is cheaper），便成為六個標準差的基本觀念。試想，故障水表要修理3次才能修好，其修理成本就是一次修好的3倍！再想，如果我們事情都能一次就做好，傳統品質管制的品質檢

驗、問題分析、產品改善將成爲多餘的工作。而上述工作不知將耗費公司多少成本、折煞多少人才！長期仰賴品質管制系統的後果，讓我們失去了追求一次就把事情做好的衝勁。

### 三、水量計維修作業流程

圖一是目前現行之水表修理流程圖。檢討目前之執行作業，流程設計還算合理。現今主要考慮的改善重點方向爲：  
 (1) 工作量的合理分配 (2) 領料作業之控管 (3) 維修效率追蹤 (4) 維修成本之控管。



圖一、台灣省自來水公司南區水表修理場水表維修流程圖

## 四、水量計維修管理資訊系統

為了實現上述的管理目標，現階段的水量計維修管理資訊系統具備5大功能。

1. 進場作業管理：故障的水量計送回修理場，首先判斷責任歸屬及是否在保固期限內。保固又分為水量計保固與零件保固，所以必須記錄進場水量計的維修資料。
2. 領料作業管理：記錄水量計維修所需零件的數量與成本。由此，不但可了解水量計容易故障的零件，要求製造廠商加強改善。也是計算維修成本的重要依據。
3. 檢定作業管理：依據度量衡器施檢規範，修理完成的水量計應申請檢定，檢定合格後才能使用。
4. 抽測作業管理：為了維持水量計品質的穩定及修表人員的技術水準，採不定期抽測方式，確保水量計的品質水準。另外，也可以此了解目前水量計修理作業的品質水準。
5. 報表作業：定期統計工作量、維修費用、故障原因等報表，以全盤了解維修的狀況與趨勢，做為提升水量計維修作業管理的參考依據。

## 五、功能說明

### 1. 進場作業管理

#### (1) 水量計資料之建立

將水量計所有重要的參數，如廠牌、型式、口徑、保固期限、調表標準器等資料逐一建檔控管。如此才能進一步追蹤水量計維修後之現場使用情況，並達到 ISO 9000「產品識別與追溯」的管理要求。

#### (2) 進場資料的輸入

當水量計進場維修，立即登錄該水量計之：製造年月批次、水量計資料、表號、送修區處、維修日期、維修人員。開始進入維修程序，並以水量計維修管理資訊系統逐表控管維修進度與效率。

#### (3) 水量計保固期限之控管

根據目前保固表的管理方式，如果故障水量計是在廠商保固期限內，則通知製造廠商領回修理，本場不負維修責任。以往採人工作業可能發生誤判，造成公司無形損失。現在只要故障表一旦進場，立即輸入電腦，判斷是否在保固期限內。清楚釐清公司與廠商之保固責任，進一步保障公司權益。

#### (4) 內部機件保固期限之控管

公司採購之水表零組件也有其保固期限。如果維修過之水量計再次進場維修，必須先查看故障之零組件是否仍在保固期限內。當進行進場作業時，水量計維修管理資訊系統會自動搜尋資料庫查看新進的水量計是否曾經修理過，並確認零組件是否仍在保固期限內。

### (5) 報表

根據年月批次及維修人員，產生進場修表數統計報表。由此一統計報表將可清楚的以數據分析每月進場維修之表種、數量，以及每一位維修人員的維修數量及其維修品質。

## 2. 領料作業管理

### (1) 水量計維修使用零件之建立與維護

零件種類繁雜又有時效性，是執行維修作業中一件相當擾人的問題。不同表種不同口徑有其不同的零件規格。有時廠商爲了提升產品品質而修改零件規格，此時我們又如何判斷何時生產的水量計必須使用原規格？雖然電子式水表在零件種類及規格上已簡化很多，但是維修零件的管理仍是一件繁瑣的工作。因此，我們針對每一種不同規格的水量計，建立一套完整的零件表，其中包括：物料編號、物料名稱、規格、單位、單價、保固年限、適用之水量計（含版本）。以協助維修人員選對零件，正確又有效率的執行維修工作。

### (2) 水量計維修故障原因之建立與維護

由於水量計的安裝操作環境種類繁多，因此故障原因也五花八門。雖然水表修理場無法由水量計安裝使用現場，獲得最直接的故障原因資料。但是進場維修所彙總的故障原因統計分析，可提供水量計製造廠商進一步提升產品品質的重要參

考。期待在此一良性循環的互動下，自來水事業單位能取得物美價廉並符合台灣供水環境需求的優質水量計。

### (3) 水量計維修安裝環境之建立與維護

要精確紀錄水量計的安裝環境及操作條件，是一件相當困難的工作。但是合理客觀的分析水量計的故障原因，又是必須的工作。首先設計一些安裝環境基本資料的紀錄方式，再搭配水量計的故障原因，進行原則性的分析探討。如果對某一特定方向（或問題）想深入了解，再採取專案研究的方式深入探討。

### (4) 領料資料輸入

水量計安裝操作條件的紀錄與故障原因分析，屬消極的品質改善措施（成之於人）。站在水表修理場的立場，如何以最少的零件支出、最短的維修時間、最少的維修次數，達成水量計維修任務。這才是提升經營效率積極的作為（操之在我）。

根據實際維修情形，輸入該水量計所請修的零件種類及數量。不但可控管本場維修作業所付出之零件成本，更可據此比較不同維修人員之零件支出。並藉此鼓勵員工珍惜公司資產，共同努力降低維修成本。

### (5) 報表

每旬（10天）所使用之零件統計報表，經本公司物料庫存資訊管理系統上傳本公司總管理處，俾利全公司物料管理、

成本分析與會計收支等業務之控管。

### 3. 檢定作業管理

#### (1) 水量計檢定資料輸入

水量計屬法定度量衡器，其生產與修理工作都應符合度量衡相關法令。也就是說，每一只修理好的水量計（法定之度量衡器），都應通過經濟部標準檢驗局檢定合格後才能使用。如果將來與用戶發生水費糾紛，是否檢定合格，將是一個最重要的法律依據。

所有修理完成的水量計立即登錄其：檢定日期、案號、流量資料（指針讀值、通水量、標準值）、器差、是否合格、鉛封編碼、標準器資料等相關之檢定資料。不但可以做為符合法令規定的執行依據，萬一將來對該水量計有器差上的爭議，也可以供做最客觀的參考資料。

#### (2) 報表

產生水量計檢定紀錄表。

### 4. 抽測作業管理

#### (1) 水量計抽測資料輸入

抽測作業是指在維修完成的水量計中抽樣檢驗，以此確保維修作業的品質。或許有人會質疑，水量計出場前已經全數檢定，為何還需要抽測作業？確實，抽測作業是一種沒有生產價值的作業程序。但是現階段卻是一種不得已的管制手段。一方

面，經由抽測作業的執行，讓維修人員在工作上態度上會比較用心。另一方面，有了抽測作業的數據資料，可深入了解維修作業目前的品質水準，據此做為維修作業程序改善的量化指標。

本系統將記錄：抽測日期、水量計、表號、流量資料（指針讀值、通水量、標準值）、器差、器示值（抽測前—抽測後）。

#### (2) 報表

抽測作業管理將產生下列3種報表：

- a. 水量計檢修量值表
- b. 水量計抽查檢測結果表
- c. 檢修水量計抽測前、抽測後量值表

### 5. 報表作業

水量計維修管理資訊系統可產生下列8種管理報表：

- (1) 設定時段個人工作量彙總
- (2) 每月個人工作量變化趨勢圖
- (3) 設定時段整體工作量彙總
- (4) 每月整體工作量變化趨勢圖
- (5) 設定時段之維修費用彙總
- (6) 每月維修費用變化趨勢圖
- (7) 故障原因、故障率（頻率）之紀錄分析
- (8) 安裝環境、故障率（頻率）之紀錄分析

## 六、結論

台灣是一個凡事講求情理法的社會。因此，如何善用管理工具，就成為強化法治功能的不二法門。超速照相就是一個大家都深體會的例子。

為了提升南區水表修理場的經營績效，引進六個標準差的經營理念，並積極開發水量計維修管理資訊系統。由於電腦軟體的開發經費有限，再加上對六個標準差還在邊做邊學習的階段。所以目前水量計維修管理資訊系統的功能非常有限。期待將來隨著工作程序的不斷改進，逐年加強軟體功能。更希望能藉由此一資訊管理

工具，強化水表修理場的管理功能，進而達到提高水表修理業務經營效率的最終目標。

## 七、參考文獻

1. 盧智芳，”企業為何流行 Six Sigma?”，天下雜誌，259期，2002年9月。
2. Mikel Harry, Richard Schroeder, “Six Sigma”，Currency, 2000.
3. 台灣省自來水公司（管理規程）
4. 度量衡器施檢規範，經濟部標準檢驗局。

## 管網系統水質維護與管網分析

薛志宏\*

### 一、前言

確保合格出廠的自來水在輸配水管網輸送過程中水質劣化 (Degradation) 程度減至最低，近幾年來已逐漸受到重視。在美國每年約有百分之二十五的水媒疾病爆發案件，屬於輸配水管網缺失 (Deficiencies) 所致<sup>(1)</sup>，故美國表面水處理法 (Surface Water Treatment Rule) 已正式建立多重障礙的觀念，將「配水管網」視為用戶水龍頭用水前之最後一道防線，足見管網水質控制之重要性，本文就文獻中有關管網水質維護的觀念作一概述，提供管線設計、施工、操作及維護人員參考，同時也對管網分析之前瞻性做法作一些提示。

### 二、輸配水管網水質維護之基本觀念

自來水在輸送過程中，會因水自行反應 (Bulk Water Reaction) 或水與輸送管線之管壁作用產生之反應 (Wall Reaction)，而使水質產生劣化，也可能

因外部化學物質或微生物之侵入 (Intrusion) 產生水質污染問題，而管網產生之水質問題可分為微生物性、物理化學性及美學性 (Aesthetics) 三大類<sup>(2)</sup>，微生物問題包括微生物孳生及水媒疾病之爆發等；物理化學問題有消毒副產物過量產生、管線腐蝕、鉛溶出、管垢、管材襯裏溶出物、管線沉積物 (Sediment) 及餘氯消失等；美學問題則包括臭、味及色等問題。故在配水管網之例行操作中，應掌握以下三要素<sup>(3)</sup>：

#### (一) 儘量降低水在管中之滯留時間 (Retention Time)

一般距離供水進入點越近，水質越不易變化的觀念，隨著管網系統之錯綜分佈及用水需求 (Demand) 隨用水人口或季節變化，亦可能發生距離較近之點，卻有較高滯留時間之現象，滯留期較高之結果有消毒劑量 (如自由餘氯) 降低、消毒副產物 (DBP; Disinfection Byproduct) 之過量生成、微生物再生 (Regrowth) 及增殖、產生臭味及水色等問題。解決之道有

\*臺北自來水事業處水質中心股長

持續監測水質，或利用水力分析瞭解管網各點之滯留時間，以改變輸水操作模式，達成控制滯留期於特定範圍的目的，一般建議滯留期應低於5~7天。若無法藉由加壓送水操作達成管線末端地區殘餘消毒劑量之維持，則可考慮運用再加氯（Booster Disinfection）方式，但應先排除如管內沉積物（Sediment）、管壁生物膜及不佳操作模式等足以影響水質但可透過操作改善之因素。

另外值得注意的是配（儲）水池的儲水，儲水時間過久亦是導至水質劣化的原因之一，一般而言，至少應於3~5天內達到完全的翻新（Turnover），即每日應有20~33%之新鮮水更換，以此操作目標，應捨棄維持足夠水量觀點之固定液位操作，而儘量在足夠水量狀況下，使液位波動，以促進混合，同時降低水齡（Water Age）。

## （二）維持管中正壓（Positive Pressure）

持續維持管線所有地點管中正壓是管網操作最重要的事，管中發生零壓力（Zero Pressure）或負壓（Negative Pressure），可導致逆流（Backflow）現象，使污染物（Contaminates）流入管網系統中，產生民眾飲用風險。美國各州規範公共給水系統之水壓應維持在20~35 psi

（1.4~2.4 atm）之間，消防水壓則規定最低標準為20 psi（1.4atm）。

會使管網產生負壓（Negative Pressure）的操作或設計有<sup>(3) (4)</sup>：

- （1）制水閥因疏忽被關閉或半關，致部份關聯管線無法達到期盼水壓，而產生負壓。
  - （2）洗管操作產生快速水流致牽引鄰近管線產生負壓。
  - （3）鄰近失火救火作業管中流速增加，致產生負壓。
  - （4）大幹管破裂，流速加快，使鄰近管線產生負壓。
  - （5）尖峰用水時，用水量驟增，流速增加，牽引產生負壓。
  - （6）加壓站抽水機啟動及停機，流速突變，產生負壓
- 流速及流向快速變動，可導致管中沉積物揚起及管垢沖刷，故於閥類及消防栓操作時，應注意無論”開”及”關”，均應緩慢操作，以免產生水錘（Water Hammer）及湧浪（Surge）現象，對管線造成傷害並影響水質。據評估，令水流速每1 ft/sec（約30 cm/sec）停止，約可產生50-60 psi（4kgf/cm<sup>2</sup>）之壓力，足見此效應之嚴重性。
- （7）抽水機故障，致管中水壓驟降，產生負壓。
  - （8）管網系統擴充但未適當聯接主幹管，

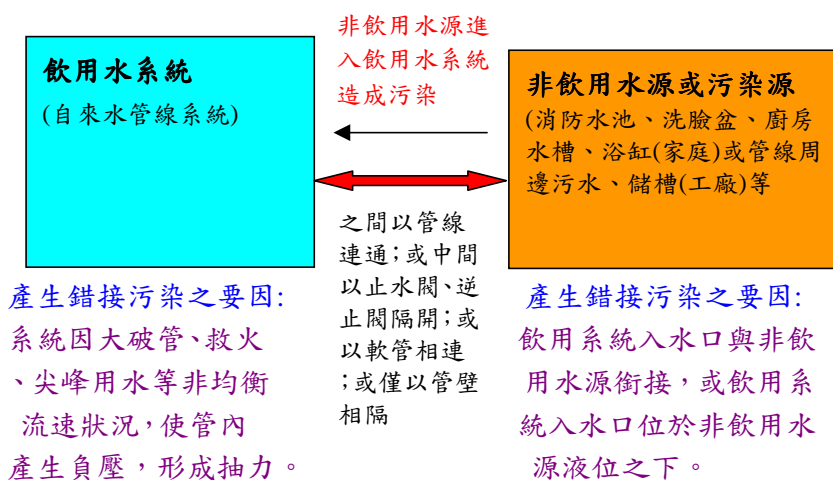
使新增系統水量及水壓不足，產生負壓。

- (9) 新接管之地勢 (Elevation) 高於或低於原系統，致管內水壓不足。
- (10) 現存配水管內接管用戶增加，進水量未適當調配。
- (11) 因管材腐蝕、沉積物累積或產生生物膜致流速變慢。

在錯接污染防治之領域，因負壓導致逆流 (Backflow)，致污染飲用水的成因有兩類，一種稱為逆壓 (Backpressure)；一種稱為倒虹吸 (Backsiphonage)，前者為因飲用水系統外部污染源壓力較內部為大，致污染物進入飲用水系統內者；後者則因前述操作或設計原因使系統內產生負壓 (內部壓力較大氣壓力為低)，而將外部污物吸入系統內。在各項管網操作時，應考慮盡量不使管中水壓產生低於大氣壓力的狀態，而發生倒虹吸現象；又管線工程施作或修漏，應避免產生管外積水、跨越水溝及污水池 (或管線) 等污染源，以杜絕不必要之週邊逆壓污染。

所謂錯接 (Cross-Connection) 係指飲用水系統與非飲用水來源或系統相聯通，其間可能僅為一止水栓、逆止閥，或以軟管相連 (見示意圖)，平常可能不會發生問題，一旦發生前述負壓狀況，則可能將非飲用水源，吸入飲用水系統中，造成污染。一般公寓大廈、工廠，甚至實驗

室均可能發生錯接污染。公寓大廈常發生之狀況，為飲用系統與消防系統僅以逆止閥相隔，一旦逆止閥失效，即可能將消防用水吸入飲用系統，造成污染。有錯接現象不見得會造成污染，卻有潛在發生污染的可能，故杜絕錯接污染的方法有<sup>(3)</sup> (一) 徹底移除錯接污染，將飲用及非飲用系統，完全隔離，不使用聯通之管線系統。(二) 加強錯接污染防制設計：如1.形成氣溝 (Air Gap)，使飲用水系統進入非飲用水源入口 (Inlet) 與非飲用水源液位之間距，至少大於兩倍入口管內徑。2.加裝倒流防止器 (Reduced-Pressure-Zone Backflow Preventers)、雙逆止閥 (Double Check-Valve Assemblies)、真空切斷器 (Vacuum Breakers) 及倒 U形管 (Barometric Loops) 等防止倒流污染設備，各種設備各有其用途，大致而言，前二者可適用逆壓及倒虹吸狀況，後二者則僅可適用於倒虹吸之狀況，用戶端常用之設計為於表後加裝二重逆止閥 (Dual Check Valve)。此等設備，較易故障失效，通常須定期 (每年) 維護與檢視，同時安裝時亦應注意位置及環境，以充分發揮其功能。對於逆止閥類設備，水壓足夠時，飲用水可維持正向流動，水壓降低或逆向 (污染源) 壓力大時，則予以關閉，以防污染。雙逆止閥的安全性設計，二者間尚有釋壓閥設計，以排除逆止閥故障時



錯接污染示意圖

進入閥體中的污水。

### 三、有效掌握管網水力條件是掌握水質狀況之基礎

在判斷及掌握水污染發生來源時，必須瞭解不同壓力條件或用水條件下自來水在管網中之流動速度、方向及水壓等水力條件，因為管網狀況通常是顯現水質結果之成因。管線設計面，通常只考慮公共消防安全及用戶水量水壓等水力目標，而忽略對水質可能造成的影響。常見之設計問題有：

1. 管網系統之型式：管網設計之型式，可分為動脈循環型（Arterial Loop）、柵狀（Grid）分佈及樹狀（Tree）分佈等三大類，動脈循環型類似人體之血管分佈，較具供水

彈性，且全系統有較佳之循環；柵狀分佈設計，僅於幹管週邊形成局部循環，樹狀分佈之循環性不佳，易於管線末端造成盲管（Dead End），導致滯留，若管末局部地區用水量不足，甚至可發生餘氯難以維持、濁度及總溶解固體量過高之狀況，可儘量朝柵狀分佈方向改良，以改善循環性。

2. 管網尺寸之設計：由於用水人口之變遷（增加或減少）或供水方式改變，若原設計供水管徑過大，易致流速變慢，水齡及管內沉積物增加，潛存微生物孳生、臭味及消毒副產物等水質問題。因此，在管網設計時，應於水質及管網擴充成本間，達成平衡考量，藉助較佳之人

口成長預測，或以較小管徑之平行管（Parallel Mains）取代大管之設計，可藉由關閉其中一管達成彈性降低供水量的目的，是值得考慮的方向。另外，在設計時應考量接觸面積（管壁）與輸送體積（水）之比— $S/V$ ，小管之 $S/V$ 值較大，有較大比例輸送體積的水，會與管壁接而易使水質變差，若又造成盲管，水質將更形惡化。

3. 管線材料之影響：管網系統使用的管材包括鑄鐵管、鉛管、內襯延性鐵管、水泥管、PVC管等，根據Kirmeyer等人於1994年對北美20座水廠，使用超過30年的管材所作的調查顯示<sup>(3)</sup>，內襯延性鐵管、水泥管及PVC管對水質之確保、結構及水力效能方面，呈現最佳功能。舊有供水系統仍使用之鑄鐵管，易產生管材銹塞，產生紅水、餘氯消耗及細菌再生等現象，宜予以汰換。鉛管則因易引起鉛溶出問題，亦應儘速抽換。

對於設計不良的狀況，除需利用工程改善不良的設計外，對於管網操作實亦造成一大困擾，對配水管網水力及水質之全面瞭解與掌握，是找出舊有管網此等問題的基本，以往均以人工量測及圖面作判斷，並進行人工採樣檢驗等繁重工作，隨

著資訊技術的進步，運用資訊技術（Information Technology）提昇對配水管網水力及水質之瞭解，已越來越可行，運用水力與水質模式（Hydraulic/Water Quality Model）進行水力分析及水質分析，配合連續偵測數據或實測值進行校正（Calibration），可將管網內水流方向及水壓隨用水量（時間）之變化狀況，作一立即性全面性的瞭解，此將有助於管網輸配水操作效率及效能之提昇。

在輸配水操作時，由監控系統（SCADA）透過水壓監測結果，掌握水壓狀況，並作成加壓站抽水機之操作決策，會因水壓偵測站之設置數目有限，而不易反應出確實狀況，若能於關鍵地點普設偵測站，輔以自動化之水力分析（能將即時偵測結果立即套入管網分析模式進行分析）並顯現出最新的水力狀況，則有助於各地區用戶端水壓之有效掌握。水壓即時偵測之結果，會發現與管網分析結果預期水壓有較大出入處，即表示該處管網設施之操作有誤、管線資訊不齊全、或有管線嚴重漏水發生。若再與管材、設置年月及設備種類等設備資料及用戶水質抱怨申訴地點檔案進行交叉分析，則可找出發生水質污染之系統性原因，掌握水質不佳狀況與管網缺失之關聯性，而產生極大之附屬效益。但前提是管線資訊應齊全且運用資訊技術全面資訊化。發展至此，才能談到

全面掌握管網的水質狀況。

#### 四、建構一個自動圖化設備管理地理資訊系統以為管網水力分析之基礎

地理資訊系統之建構是水力分析應用的基礎，水力分析模式所需使用的基本設備數據，可透過GIS系統快速地擷取，以節省輸入時間。用建置包括地形、地物、管線設備、供水區域等關鍵圖層（Key Layer）重疊功能，來維護及分析設備數據，將有助於管線系統之管理，典型之GIS應用有<sup>(4)</sup>：1.執行固有圖面查詢，包括街道、地址及設備等。2.執行主題圖面查詢設備數據。3.顯示及分析流量監測數據與水質數據。4.查詢水費系統數據。5.查核閘栓、給水管、消防栓之財產卡。6.顯示及分析消防水量（fire-flow）測試結果。7.執行漏水分析。8.支援水質分析。9.分析用水需求（Water Demand）。10.分析管網設備當機效應。11.支援消防栓維護及汰換計畫。12.支援緊急事件之應變。13.提供派工管理系統界面。14.提供水質模式分析界面。15.提供SCADA程序界面。16.支援管線汰換優先順序計劃分析。

#### 五、一個可利用強而有力的水力模式分析軟體—EPANET

美國環保署為了協助各淨水場符合飲用水法規之要求，並瞭解淨水場出水進入供水系統後之移動及輸送改變狀況，由「國家風險管理研究室」建構完成一極為方便使用之模式分析（Model Analysis）軟體，此軟體可於網路免費下載，並可在Windows系統下操作，功能包括水力分析（Hydraulic Analysis）及水質分析（Water Quality Analysis）兩大部份，分析時，可設定單一時段（Period）或延長時段（Extended Period）進行分析，後者並可以VCR型態以不同圖例顏色作動態播放，及以趨勢圖顯示變化狀況，以觀察即時分析結果。

主要操作步驟<sup>(5)(6)</sup>如下：

1. 繪構管線網路圖（Network），將管線系統以「結」（Links）及「點」（Nodes）進行繪製，「結」一般可代表管線（制水閘）、幫浦及控制閘等；「點」則包括管線連接點及配水池及廣義的水源頭（Reservoir；包括湖泊、水井及聯結系統水源）等，此部份工作可由數化GIS數據輸入（Import）此軟體。
2. 設定各「結」「點」如海拔高度（Elevation）、管徑、管長、粗糙度等基本資料，及用水需求（Demand）、用水型態（Pattern）、

幫浦操作曲線 (Pump Curve) 等分析性質。

3. 進行水力分析，可選擇應用 Hazen-Williams ; Darcy-Weisbach ; Chezy-Manning 等三種 headloss 計算公式及連續方程式，並使用梯度法 (Gradient Method) 以疊代法 (iterative) 求得非線性方程式解，解出每一「結」「點」的水壓、流速及壓損等。
4. 進行水質分析：利用 Lagrangian Time-based Approach 計算，設有 Storage Tanks 之混合模式四種可供選擇，將水質反應分為整體 (Bulk) 反應及壁 (Wall) 反應，分別計算。
5. 結果顯現：以數據表或包括時序圖及等高圖等多種圖型顯現統計分析結果。

其主要之應用包括：1. 管網水齡 (Ages)、用水需求 (Demand)、流速及水壓分析。2. 管網餘氯消失 (Decay) 分析。3. 消毒副產物 (DBP) 管網生成分析。4. 追蹤污染物於管線擴散狀況。5. 加壓站節能分析等。

E P A N E T 若能配合視訊軟體 (Visualization Software) 進行分析。則可將分析效能及分析結果之展現，予以再提昇，將基本參數分為以下三類：1. 結構參

數 (Structural Parameters)：如管材、管徑、管齡及破管案例檔案資料。2. 操作參數 (Operational Parameters)：如水流速度、滯流時間、維持水壓、配水池 (Storage Tank) 之結構與操作狀況。3. 水質參數 (Water Quality Parameters)：如水溫、自由餘氯、總餘氯、大腸桿菌群、總菌落數、三鹵甲烷及 BOM (生物可分解有機物) 等，結合包括 GIS 及 SCADA 等作業系統，則可一窺管網的全貌。

執行之步驟有 1. 數據資料確認與收集。2. 管網水利分析。3. 視訊工具之發展。視訊工具之界面有 1. GIS 圖例：具備地理定位功能，可顯示資料有地理背景，如等高、行政區界、地形地物等。2. 代表資料層：將水力分析、水質、結構及操作等參數均納入，並具重複點選功能，以便重疊資料層數據，進行相關參數之交叉分析。3. 執行資料顯示：利用圖例點選水質參數，並以顏色表示水質良好或水質惡化狀況。此系統兼具模式分析結果 (如流速及滯留期等) 與現況顯示 (如水質採樣點水質狀況及破管案例) 功能，可彌補一些資料不全之導致分析誤差狀況。分析之應用進一步提昇為交互影響分析，典型的案例有：1. 微生物水質狀況與流速及滯流期之關係。2. 管材管齡與破管頻率之關聯。3. 消毒殘餘 (Disinfectant Residual) (如餘氯) 之消耗狀況與其他水質參數間之關係

等。

## 六、結語

在管網工程之設計、施工及操作維護中溶入水質維護概念，是提昇供水水質穩定性，降低用戶水質抱怨之不二法門，也是未來自來水從業人員之專業趨勢，透過地理資訊系統（GIS）之建構，應用水力分析模式分析管網水力及水質狀況，為管網監控及輸配水操作決策所必需，亦為掌握管網水質狀況之基礎，此惟有靠管線工程、水質及資訊人員共同努力，始能畢盡其功。

## 七、參考文獻

1. Jour.AWWA ,Gunther F. Craun and Rebecca L.Calderon,Waterborne Disease Outbreaks Caused by Distribution System Deficiencies , 93 : 64,2001.9.
2. Jour.AWWA ,Gregory J. Kirmeyer et al., Practical Guideline for Maintaining Distribution System Water Quality, 93 : 62, 2001.7.
3. AWWARF, Guidance Manual for Maintaining Distribution System Water Quality,2000.
4. AWWA, Water Transmission and Distribution : Principles and Water Supply Operations,2<sup>nd</sup> Edition,1996,.
5. Jour.AWWA ,James R.Cannistra , Converting Utility Data for a GIS. 91 : 55. 1999.2.
6. Lewis A.Rossman. EPANET 2 Users Manual, USEPA,2000..
7. AWWA ,Robert M.Clark,Walter M.Grayman.Modeling Water Quality in Drinking Water Distribution Systems, 1998.
8. Jour.AWWA ,Marie-Claude Besner , Vincent Gauthier , Benoit Barbeau , Robert Millette , Robert Chapleau and Michele Prevost , Understanding Distribution System Water Quality. 93 : 101. 2001.7.
- 9 .AWWARF, Guidance for Management of Distribution System Operation and Maintenance,2000..

# 倒極式電透析(EDR)廢水再生系統在井水脫鹽技術上的應用

夏工傑<sup>1</sup>、周珊珊<sup>2</sup>、彭淑惠<sup>3</sup>

## 一·前言

電透析(electrodialysis, ED)處理技術是利用不同特性的薄膜對水中的離子作分離選擇,水中離子的移動則是靠正負直流電來當吸引的驅動力。倒極式電透析(electrodialysis reversal, EDR)是將電透析處理技術作進一步修正,乃利用直流電正負極和內部導流的切換來延長薄膜使用壽命;隨著薄膜材質不斷的改良,薄膜透析之性能、化學穩定性皆大幅提昇,電透析法在水處理上適用性廣,目前已商業化運用在脫鹽處理,也可用在純水系統預處理、廢水回收、電鍍廢水回收/處理、飲用水處理(需配合離子交換樹脂)等。

大陸由於全國有70%的人飲用地下水,北方的生活用水及工業用水更高達90%使用地下水<sup>[1]</sup>,因此大陸的電透析設備有許多應用於地下水及河水脫鹽處理的實績。本研究使用大陸的電透析設備,在中部某表面處理業現場測試地下水脫鹽的

性能。該廠製程用水的主要來源為地下水,導電度約為1500~2500  $\mu\text{s/cm}$ 。本研究希望藉此次現場測試了解大陸ED設備長期使用的穩定性及膜的耐久性。

## 二·電透析脫鹽技術原理

利用陽離子只能穿透陽離子交換膜,而陰離子只穿透陰離子交換膜的特性,在外加直流電場的作用下,水中的陰離子移向陽極、陽離子移向陰極,最後得到淡水及濃水,達到淡化除鹽的目的。圖1為電透析脫鹽示意圖。圖中將多層陰離子交換膜與陽離子交換膜交替排列於兩電極之間形成許多獨立之槽室,運用通壓電極產生之電場將溶液中陰離子及陽離子向正極及負極移動,而得到一股淡水及一股濃水。

電透析設備通電操作時,兩端的電極表面上還有電化學反應發生,以食鹽水溶液為例,在陽極會反應產生非常活潑之原子狀態氧和氯氣,具腐蝕性,且由於OH<sup>-</sup>減少,極水呈酸性。而在陰極有氫氣產

\*財團法人工業技術研究院環境與安全衛生技術發展中心

1助理研究員 2研究員 3助理工程師

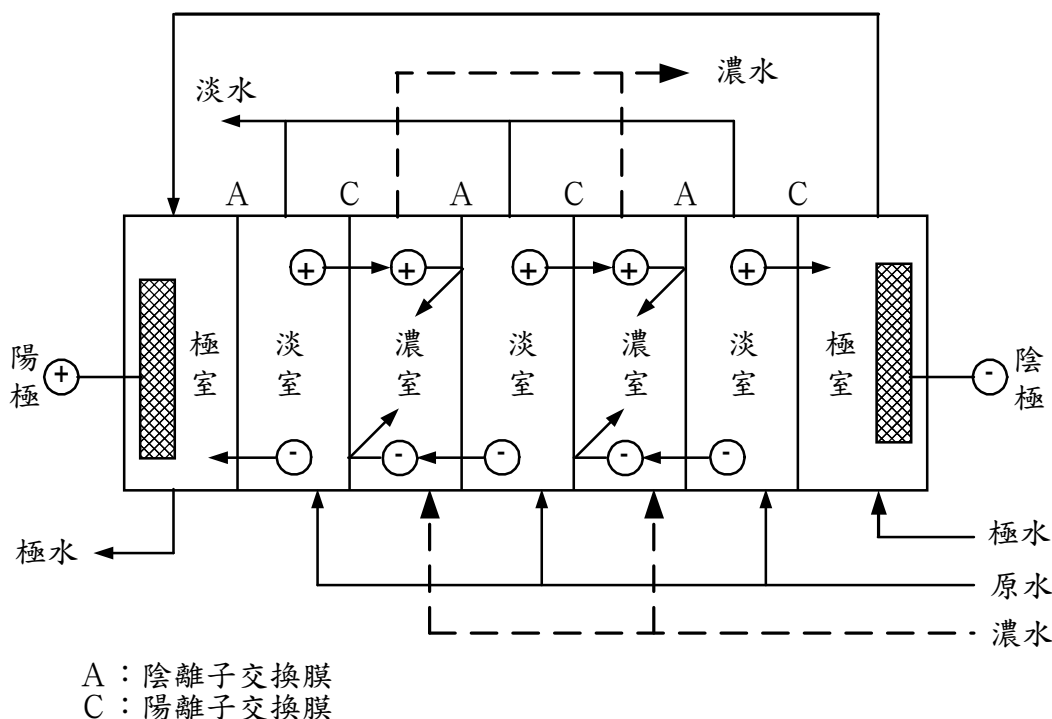


圖1. 電透析脫鹽示意圖

生，且由於 $H^+$ 減少，極水呈鹼性，當極水中有 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 和 $HCO_3^-$ 等離子時，則易與 $OH^-$ 於陰極上生成 $CaCO_3$ 和 $Mg(OH)_2$ 等水垢。

靠近電極的隔室（極室）需要通入極水，以便不斷排出電透析過程的反應產物，陰極室和陽極室的流出液中，分別含有鹼或酸和氣體，因為濃度很低，一般都廢棄不用。

電透析操作時同時發生多種複雜過程，除反離子過程是電透析的主要過程外，其餘幾個過程是次要過程，這些次要過程會使電透析之脫鹽或濃縮效率降低、

耗電增加，因此必須選擇理想離子交換膜和適當之電透析操作參數，以便消除或改善這些不良參數之影響，以下簡述這些電透析過程：

### (1) 反離子遷移

與膜上官能基所帶的電荷相反的離子穿過膜的現象。例如淡水室中的陽離子穿過陽膜及陰離子穿過陰膜進入濃水室，就是反離子遷移。電透析即靠此過程進行脫鹽。

### (2) 同名離子遷移

與膜上固定基團帶相同電荷的離子穿

過膜的現象。例如濃水室中的陰離子穿過陽膜（或陽離子穿過陰膜）進入淡水室的過程，就是同名離子遷移過程。此過程與反離子過程相比，數量很小。膜外溶液濃度越高，膜之選擇性越差，同名離子遷移過程影響越大。

### (3) 電解質的濃差擴散

由於濃水室與淡水室之間的濃度差，而產生電解質的擴散。擴散速度隨濃度差的增高而增加。

### (4) 水的滲透

電透析過程中，濃水室含鹽量要比淡水室高，於是產生淡室中的水向濃室滲透。濃差愈大，水的滲透量也越大，此一過程的發生，使淡水產量降低。

### (5) 壓差滲漏

由於淡水室與濃水室兩側壓力不同而產生的機械滲漏。總是由壓力高的一側向壓力低的一側滲漏。

### (6) 水的電滲透

由於水中離子以水合離子形式存在，水的電滲透現象也顯著，一般每傳遞1法拉第電量時，電滲透水之數量約為2~10克分子。隨著水的電滲透發生，使淡水產量降低。

### (7) 水的電離

若電透析操作不當時，可能造成淡水的水電離，產生之 $H^+$ 、 $OH^-$ 離子分別穿過陽膜和陰膜進入濃水室，此即所謂極化作用，此過程將使電透析之耗電量增加。

## 三· 離子交換膜的種類與特性<sup>[2]</sup>

離子交換膜是一種含有活性離子交換官能基的高分子薄膜，從結構上可以分為基膜與官能基兩大部份。活性離子交換官能基是由具交換作用的陽（或陰）離子和與基膜相連的陰（陽）離子所組成。表1為離子交換膜的分類。目前水處理領域中在歐美及日本所應用的膜以均相膜為主，大陸所應用的膜以異相膜為主，隨著製造技術之進步，採用均相膜（如聚乙烯）的比例也愈多。

離子交換膜是電透析裝置的關鍵零件，離子交換膜之基本特性包括（1）交換容量和含水量（2）機械強度（3）膨脹性（4）擴散性能（5）化學穩定性（6）膜的導電性（7）膜的選擇透過性與膜電位等，不同種類的膜具有不同的基本特性，會影響其對離子的分離性能。

## 四· 電透析設備及本體組裝

電透析設備的放置形式可作成立式與臥式兩種，設備組件包括離子交換膜、隔板、電極、極框、保護室、夾緊裝置、輔助設備（整流器、水泵、過濾器、流量

表1. 離子交換膜的分類

分類依據	種類及說明
膜中所含官能基的種類	(1)陽離子交換膜：含酸性官能基的膜，如強酸性磺酸型。 (2)陰離子交換膜：含鹼性官能基的膜，如強鹼性季銨型。
膜體結構	(1)異相膜：直接用磨細的離子交換樹脂，通過黏合劑混合加工成型的膜。因含有離子交換官能基的部份與形成膜狀結構部份具有不同化學組成，故稱異相膜。 (2)均相膜：是不含黏合劑的離子交換膜，通常是高分子基膜直接接上官能基而得的離子交換膜，或用含官能基的高分子樹脂溶液直接製得的膜。 (3)半均相膜：將離子交換樹脂和黏合劑同溶於溶劑中再成膜。

計、水箱、監測器、儀錶等)。表2簡述電透析設備各組件之構造型式和功用。

電透析的本體組裝方式隨著原水水質及對出水水質、水量的要求不同而異。一般為了增加產水量，可以增加膜對並聯數目，若為了提高出水水質，可以採多段串聯，增加處理流程長度。電透析本體組裝方式可以幾級幾段區分。一對電極之間的膜堆部份即為一級，濃、淡水隔板水流方向一致的膜組部份稱為一段。凡是水流方向每改變一次，段的數目就增加1。根據實廠使用經驗及原理推估，每級中一段比一級中多段要好，其原因為：(1)一級多段時，段與段之間水流是逆向的，在兩段之間轉折倒向的膜兩邊，膜一邊的進水部位（壓力高），正好是膜的另一邊的出水部位（壓力低），因此有壓力差存在於

這張膜上，促使膜凸入壓力較小的一室，導致該室膜間距離或通道過小，產生水流不暢，發生結垢，甚至堵塞而影響電透析設備的正常運轉。(2)在一級多段中，第二段的進水正是第一段的出水，水中含鹽量勢必比第一段的進水為小。極限電流的大小是與濃度有關的（濃度越低，極限電流越小），故一級多段中，極限電流只決定於濃度最低的一段。這樣就迫使電透析設備的操作電流降低，進而降低了電透析設備的效率。

在確定電透析本體的組裝方式後，在組裝中應注意：電極、極框、陰陽離子交換膜、濃淡室隔板等的排列順序，絕不能錯誤，否則將影響電透析設備出水水質。

組裝前需將離子交換膜放在待處理水中浸泡24小時，使其充分膨脹，膜表面用

表2. 電透析設備各組件之構造和功用

組件名稱	構造與型式	功用
離子交換膜	陰、陽離子	電透析設備中最重要之關鍵零組件，如淡水室之陽離子穿過陽膜及陰離子穿過陰膜進入濃水室，電透析即靠此過程進行脫鹽。
隔板與隔板網	有迴路隔板（長、短），無迴路隔板 常用隔板網類型有魚鱗網、編織網、窗紗網、注塑成形網等	支撐和分隔陰、陽膜；作為水流通道，構成濃、淡隔室；使水流分佈均勻，產生紊流，強化離子擴散。
電極	電極形狀和結構以絲狀、網狀、柵板狀較為合適，石墨電極、鉛電極、鈦絲塗釘電極、不銹鋼電極、銀-氯化銀電極、鉛銀合金電極等不同材料。	連接直流電源，作為電透析脫鹽的推動力。
極框	沖模式隔板型、魚鱗網型、多孔版型、框架型	放置於電極與離子膜間，防止離子膜碰到電極，保證極水暢通，及時排除電極反應產生的氣體、沉澱物和酸鹼。
保護室（緩衝室）	極室與膜堆間再放置一塊極框或隔板，並疊放一張陽膜或抗氧化膜。	保護極室膜，以免極膜腐蝕損壞，極水穿漏至濃、淡隔室；也避免靠極室的淡水因濃差滲透被極水所污染。

清水洗淨，逐張檢查，凡有裂紋或孔眼，檢出不用。組裝時要將隔板、膜、電極、極框、橡皮墊板（圈）洗刷乾淨，按部件的排列順序逐張檢查放置，不可錯亂。外部金屬螺栓等不可與膜接觸。

## 五. ED系統用於井水脫鹽的性能測試

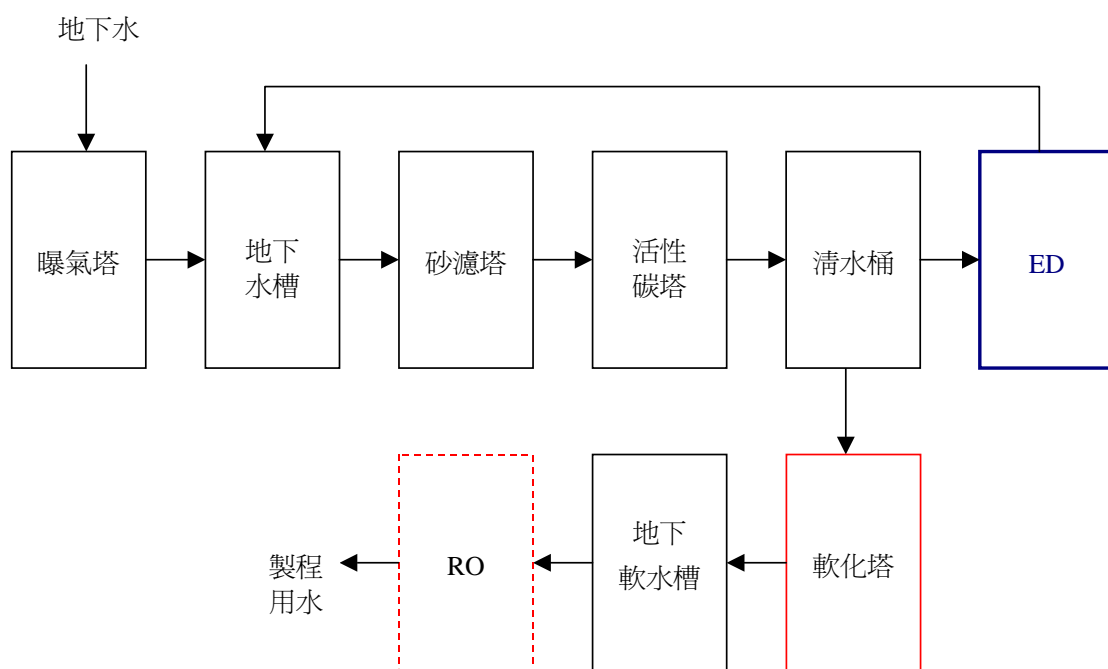
我們將ED系統安裝於中部某表面處理工廠之井水處理流程中測試脫鹽性能，該公司位置靠海，井水的含鹽分較高，導

電度約 $1500\sim 2500\ \mu\text{s}/\text{cm}$ 之間。底下是該公司製程用水的流程圖，軟化塔和RO是目前的脫鹽系統。我們將ED放置在清水暫存單元之後，測試ED脫鹽的效率，目的如下：

1. 測試EDR取代軟化塔的可行性，並評估EDR是否可減輕RO脫鹽量的負擔。

2. 測試EDR長期使用的穩定性及膜的耐久性。
3. 測試倒極（EDR）及未倒極（ED）操作的差異性，以評估EDR較ED節省的酸洗水量。

ED操作方式以倒極與非倒極兩種方法進行，說明如下：

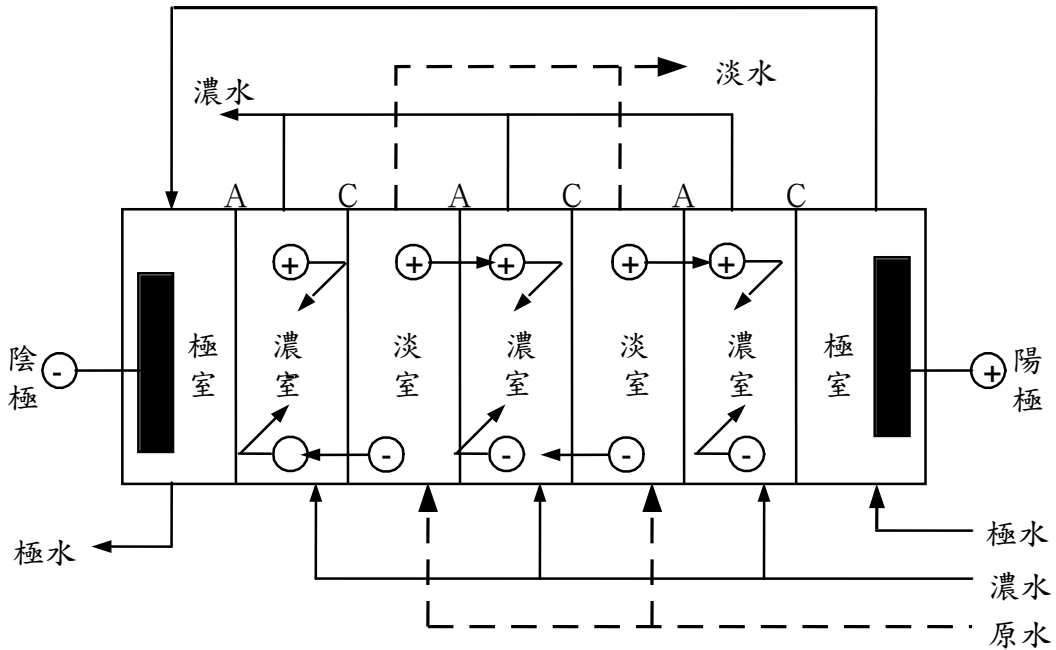


### (1) 倒極操作方式（即為EDR）

EDR在操作一定時間內（通常為20分鐘~60分鐘，視水質而定），將原本通電之正極直流電切換為負極直流電，而原本之負極直流電則切換為正極直流電；同樣配合電極的切換，導流入原本濃水室的濃水切換為淡水而淡水室的淡水則切換為濃

水，若圖1為倒極前的操作示意圖，則倒極後的操作示意圖如圖2所示。理論上來說，EDR系統中離子交換膜在倒極的操作方式下，其水中離子經過膜的透過方向會因倒極而由相反的方向更換，以減少膜阻塞的機會而延長使用壽命。

### (2) 非倒極操作方式



A：陰離子交換膜  
C：陽離子交換膜

圖2.倒極後操作示意圖

ED在操作時維持固定的正負極通電以及濃水室和淡水室的通水，如圖1所示。理論上來說EDR系統中離子交換膜在非倒極的操作方式下，其水中離子經過膜的透過方向會保持相同的方向並不更換。

5-1、實驗方法A（無倒極式操作，操作時間7天）

操作方式：不使用倒極的方式操作，原水持續導入稀釋桶及電極液桶內作連續性的脫鹽試驗（參見圖3）。

操作時間：90/8/30~90/9/05連續性操作。

問題狀況：a、脫鹽率無法維持一個穩定

的狀態，每天持續快速降低。

b、F2循環流量下降、壓力明顯的上升。

可能原因：a、無倒極的狀態及濃縮液持續濃縮至很高的濃度會導致滲透至稀釋隔室內造成脫鹽率下降。

b、膜的阻塞所造成的現象。

5-2、實驗方法B（倒極式操作，操作時間18天）

操作方式：使用倒極的方式操作，原水持續導入稀釋桶及電極液桶內作

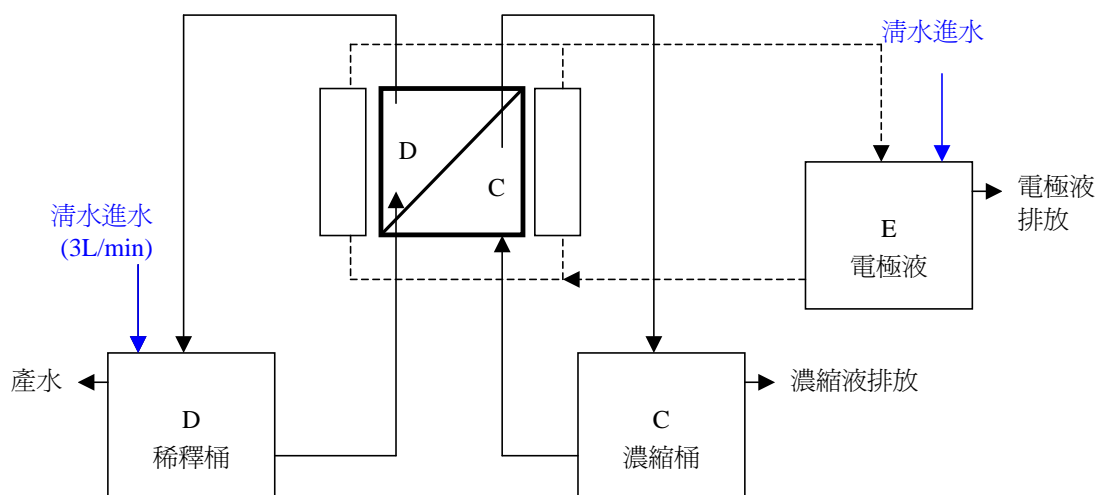


圖3.試驗方法A的操作方式

表3.試驗方法A的操作條件與實驗結果

日期	操作條件					實驗結果				
	操作電壓	電流	F1流量 (l/min)/壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	F2流量 (l/min)/壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	F3流量 (l/min)/壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	原水平均導電度 ( $\mu$ s/cm)	稀釋液平均導電度 ( $\mu$ s/cm)	脫鹽率 (%)	濃縮液導電度 ( $\mu$ s/cm)	電極液導電度 ( $\mu$ s/cm)
8/31	50V	3.0A	4.0/0.17	4.0/0.27	2.0/0.25	2643	302	89%	2643	2643
9/01	50V	3.1A	-	-	-	2698	381	86%	-	-
9/02	50V	3.2A	-	-	-	2658	430	84%	-	-
9/03	50V	3.0A	-	-	-	2585	439	83%	-	-
9/04	50V	3.0A	-	-	-	2602	509	80%	-	-
9/05	50V	2.8A	4.3/0.23	2.8/0.45	1.5/0.30	2542	563	78%	54500	2380

連續性的脫鹽試驗，同時在電極液循環管路接一分管進入濃縮循環管路中維持一定的導電濃度。

操作時間：9/21~10/08連續性操作。

問題狀況：

此試程在前面10天均可維持83%-87%之脫鹽率，10天後脫鹽率略為下降至73%-80%，最後因循環管路堵塞而停止實驗，所發生的問題如下：

(1) 10/16發現濃縮桶內壁，輸送泵

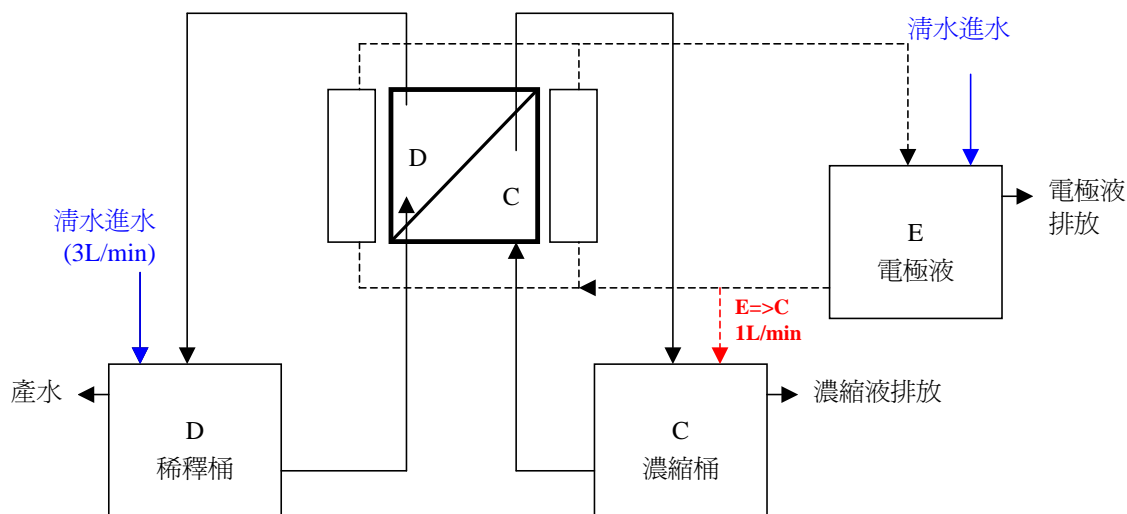


圖4.試驗方法B的操作方式

表4.試驗方法B的操作條件與實驗結果

日期	操作條件								實驗結果				
	操作電壓	電流	F1流量 (l/min)/壓力(kg/cm <sup>2</sup> )		F2流量 (l/min)/壓力(kg/cm <sup>2</sup> )		F3流量 (l/min)/壓力(kg/cm <sup>2</sup> )		原水平 平均導電 度 ( $\mu$ s/cm)	稀釋液 平均導 電度 ( $\mu$ s/cm)	脫鹽 率 (%)	濃縮液 導電度 ( $\mu$ s/cm)	電極液 導電度 ( $\mu$ s/cm)
9/21	50V	2.2A	8.0 /0.5	5.5 /0.25	6.0 /0.5	8.0 /0.68	1.5 /0.2	1.5 /0.2	1693	227	87	1693	1693
9/22	50V	2.4A	-	-	-	-	-	-	1651	242	85	-	-
9/23	50V	2.6A	-	-	-	-	-	-	1650	265	84	-	-
9/24	50V	2.4A	-	-	-	-	-	-	1702	262	85	-	-
9/25	50V	2.5A	-	-	-	-	-	-	1655	261	84	-	-
9/26	50V	2.3A	-	-	-	-	-	-	1609	260	84	-	-
9/27	50V	2.3A	-	-	-	-	-	-	1713	259	85	-	-
9/28	50V	2.2A	-	-	-	-	-	-	1724	255	85	-	-
9/29	50V	2.3A	-	-	-	-	-	-	1643	262	84	-	-
9/30	50V	2.2A	-	-	-	-	-	-	1711	245	86	-	-
10/01	50V	2.4A	-	-	-	-	-	-	1800	298	83	-	-
10/02	50V	3.6A	-	-	-	-	-	-	2372	464	80	-	-
10/03	50V	3.6A	-	-	-	-	-	-	2361	468	80	-	-
10/04	50V	4.0A	-	-	-	-	-	-	2372	645	73	-	-
10/05	50V	3.6A	8.0 /0.5	5.5 /0.25	0.0 /0.0	0.0 /0.0	1.5 /0.2	1.5 /0.2	2348	464	80	4860	2010

註：F1 及 F2 表示流入稀釋隔室及濃縮隔室的循環流量和壓力指標，F3 表示流入電極隔室的流量和壓力指標；其中 F1 和 F2 會因為倒極的變換而流入不同的隔室。此實驗方法為倒極操作所以會有兩種數據，F2 最後數據皆為 0 表示其循環管路阻塞。

浦和管線內皆有一層白色結垢物，並導致輸送泵浦管線堵塞無法做內部循環。



相片1. ED導流隔板內的白色硫酸鈣結垢

推斷可能原因如下：

- (1) 試驗方法B的操作時間長，濃縮液的濃度提高到超過飽和濃度即會有結晶出現，有可能是進入濃縮桶內的電極液量不夠。

- (2) 在導流隔室內的流速比桶內及管線內的流速快，較不易結晶。

## 六. 數據分析及結果

### 6-1. 倒極操作及無倒極操作脫鹽效率變化比較

圖5為倒極操作（EDR）及未倒極操作（ED）的脫鹽率變化比較，由此圖可知使用未倒極且濃縮液持續循環未進水的方式，其脫鹽效率變差較快且無法維持一穩定狀態，約4天即需酸洗1次。而倒極且濃縮液有穩定進水的方式則可維持脫鹽效率在87%~84%達10天以上，如此也可推算若以此水質及操作條件下的酸洗頻率約為10天酸洗1次。換言之，在此水質下，EDR的操作方式可較傳統ED方式節省60%的酸洗水量。

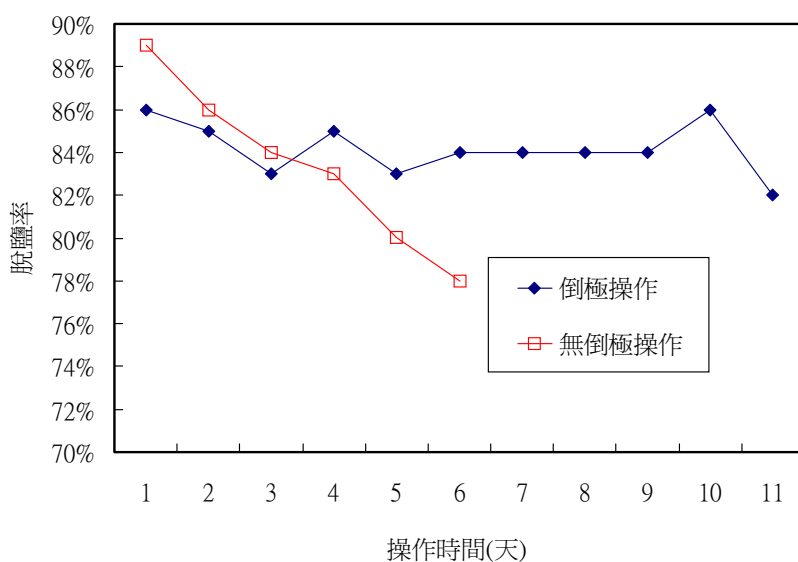


圖5. 倒極與非倒極操作脫鹽率和時間的趨勢比較圖

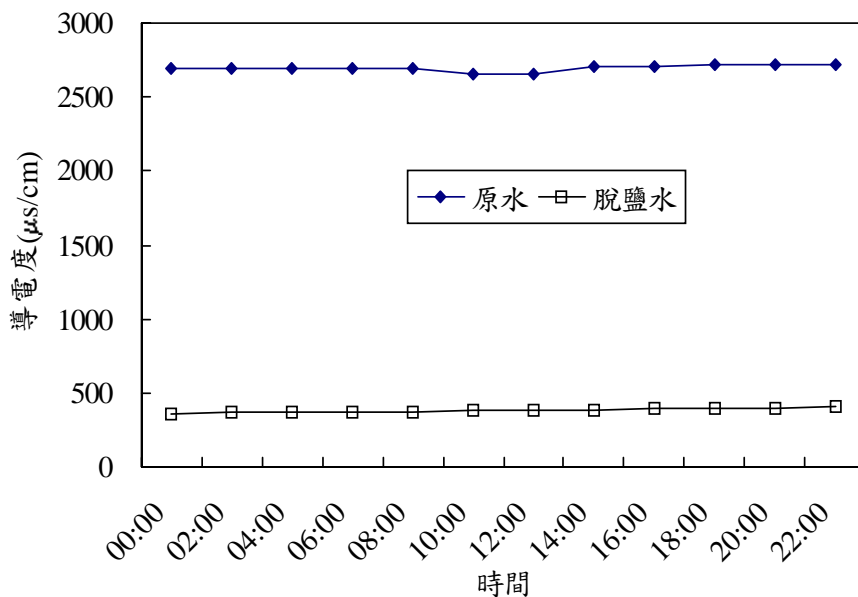


圖6. 未倒極時的導電度變化情形

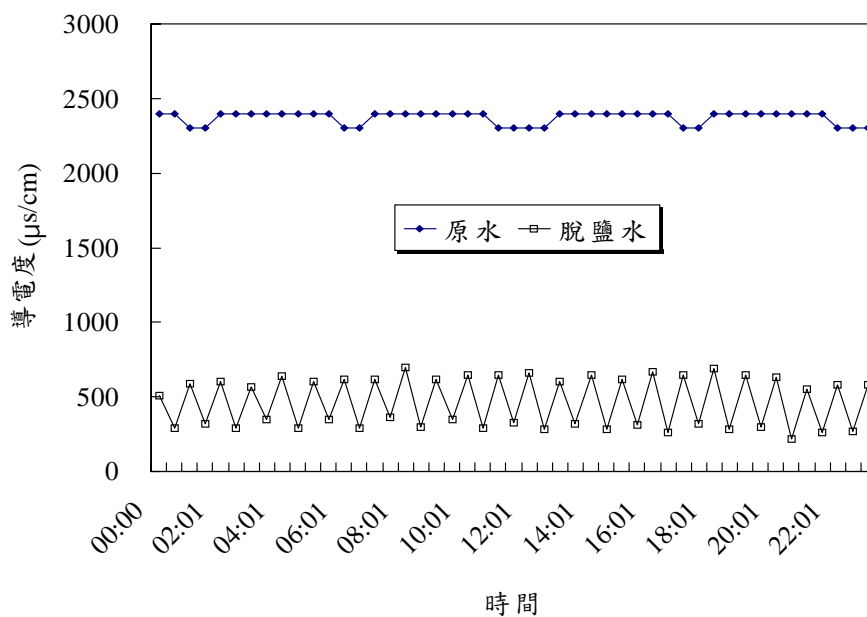


圖7. 倒極時的導電度變化情形

另外，倒極的操作方式會因倒極時將原本在濃縮隔室的濃縮液流入稀釋槽內，造成水質的不穩定現象。圖6為未倒極時的導電度變化情形；圖7即為每小時倒極一次，所以導電度也在 $750\sim 250\ \mu\text{s/cm}$ 之間每小時跳動一次。若是水質變化太大可能會影響後面製程的設計，所以可將EDR循環槽的設計容量加大，或是使用暫存槽的方式來解決這個問題。

#### 6-2. 水中離子濃度比較

表5為EDR與現場軟水塔對水中各離子去除率的比較，由數據可知EDR去除氯離子及鈣、鎂離子的效果很好，而且都比該廠原來設置的軟水系統要好；但我們認為應該是操作人員沒有徹底執行反沖洗及再生程序所造成。如此看來，EDR若正常操作下是可以取代原本的軟水系統，並且使後段RO所需處理水的導電度降低到原本的1/3以下。

### 七. 結論

(1) 以某電子廠地下水作為製程用水，進行現場處理測試，導電度約為 $1000\sim 2000\ \text{S/cm}$ ，除了含鈣、鎂硬度

外，水質與一般PCB廠除銅後的清洗廢水差不多。我們發現使用EDR脫鹽的方式來取代軟化塔在技術上是可行的，並且可以進一步減少後段RO處理的負擔，同時可用自動控制的方式進行EDR的操作。

(2) 在3個月內持續以不同的條件操作進行實驗，期間有脫鹽率下降的情形，使用稀鹽酸循環清洗的方式可達到脫鹽率恢復的效果，在此水質下，EDR的操作方式可較傳統ED方式節省60%的酸洗水量。實驗結束後拆開檢視，除了裝錯及壓破的3張膜是明顯損壞的，其餘皆仍正常完好，顯示大陸ED膜的耐久性達到一定水平。

### 八. 參考文獻

1. 黃志興 (2002)，中國大陸地下水現況與管理趨勢，第一屆海峽兩岸土壤及地下水污染整治研討會，台北
2. 張根生、周長發、繆道英、葛賢欽、電透析水處理技術，科學出版社，北京 (1981)

表5. EDR與現場軟水塔對水中各離子去除率的比較

日期	分析項目	EDR 進水	EDR 稀釋液	EDR 濃縮液	製程軟水	EDR去除率	軟水塔去除率
90/8/28	導電度 ( $\mu$ s/cm)	2066	460	7150	2010	78%	
	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	279	68	1877	475	76%	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	120	61	417	164	49%	
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	353	15	1188	345	96%	2%
	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	25	ND	118	25	100%	0%
	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	25	ND	58	25	100%	0%
90/9/5	導電度 ( $\mu$ s/cm)	1970	843	54500	1980	57%	
	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	784	150	16012	448	81%	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	202	89	2569	127	56%	
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	494	164	4062	314	67%	36%
	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	57	ND	2091	25	100%	56%
	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	28	ND	1600	20	100%	29%
90/9/24	導電度 ( $\mu$ s/cm)	1011	258	4080	1062	74%	
	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	250	35	484	137	86%	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	358	711	767	185	-99%	
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	173	74	426	201	57%	-16%
	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	44	ND	235	ND	100%	100%
	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	45	ND	47	ND	100%	100%
90/10/17	導電度 ( $\mu$ s/cm)	923	271	4860	943	71%	
	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	103	16	1001	100	84%	
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	63	69	1510	152	-10%	
	Na <sup>+</sup> (mg/l)	53	45	669	63	15%	-19%
	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	17	5	494	46	71%	-171%
	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	6	4	224	26	33%	-333%

註：出現負值的部分應該是測量時的誤差以及取樣點的不同所造成。

## 出席“第十屆創新技術研討會 (Emerging Technologies Seminar)”報告

葉宣顯\*

### 一、研討會過程

第10屆之Emerging Technologies (ET) Seminar 於2002年4月15-17日於澳洲之Adelaide舉行。係由美國自來水研究基金(AWWARF)及澳洲之Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (CRCWQT)所共同主辦。總計有十六個國家之代表與會，其中大多數為各個國家自來水研究機構之負責人或其代表。除前述主辦單位外，尚包括荷蘭之KIWA，德國DVGW之水技術中心TZW，比利時之SVW，瑞士之EAWAG，英國之Foundation for Water Research，紐西蘭之Environmental Science & Research，南非之Water Research Commission，日本之自來水協會JWWA，法國之Vivendi及美國環保署USEPA等。台灣係第一次受到邀請參與此一國際研討會。基於世界上各地之自來水事業單位經常碰到相同之問題，此一研討會之目的在於加強各國水研究機構間之聯繫與合作，分享研究經驗與成

果，並避免進行重複之研究。每兩年輪流在參與之各國間舉行。今年之時間特別安排在國際水協會(IWA)於澳洲墨爾本舉行第三屆年會(The 3rd World Water Congress)之後，筆者亦得以在出席IWA年會之後，順道參加ET Seminar。

研討會於4月15日上午在Adelaide海濱之Stamford Grand Hotel開幕，首先由CRCWQT之Director Prof. Don Bursill及AWWARF之Executive Director Mr. James Manwaring分別代表兩個主辦單位致歡迎詞。隨即由Global Water Research Coalition (GWRC)之執行長Mr. Frans Schuting報告聯盟之現況，GWRC為ET Seminar之成果之一，係由來自七個國家十二個水及廢水研究中心結盟而成。第一個合作研究主題是pharmaceutically active compounds及endocrine disruptors。未來預定研究之題目，包括(1)藻毒，(2)水媒病菌之來源及宿命，(3)污染物健康影響之探討。其次由AWWARF之Mr.

\*國立成功大學環境工程系教授

Jeff Oxenford報告

Penta-Party Agreement，係由美國之AWWARF，荷蘭之KIWA，德國之TZW，南非之WRC及澳洲之CRCWQT等五個研究中心所簽署者。目前合作研究之主題為薄膜在水處理之運用，分工從事有關阻塞、設計、水質、整合薄膜系統等方面之研究。當日下午起，以一天半之時間由各國之代表就其國家日前所進行之研究提出報告。筆者亦就國內自來水事業之現況，及成功大學接受台灣省自來水公司委託所進行之澄清湖高級淨水模廠之個案提出報告。

根據各國代表所發表之論文，目前各國研究之重點可歸納如下：

- (1) 各國對水中所含pharmaceutically active compounds及 endocrine disruptors均非常的重視。根據GWRC之調查目前各國共有23個相關之研究計畫正在進行，總經費達一千萬美金。初步之結果顯示飲用水處理程序對許多此類之化合物能有效地去除。
- (2) Legionella（退伍軍人症菌）：最近在荷蘭爆發之退伍軍人症感染事件，又引起大家對Legionella之重視。研究之重點在於此菌在淨水及配水系統中之分佈、生長及控制之道，並利用分子生物技術來快速鑑定菌種。
- (3) 硝酸鹽之控制：瑞士為了控制地下水

中硝酸鹽之含量，首先找出需要保護之關鍵地區，然後藉由水公司、政府與農民之伙伴關係，教導農民如何降低肥料使用量，以減少硝酸鹽滲流至地下含水層之量。因此而導致農民農作物收成之損失，則由政府加以補貼。

- (4) 藻、藻毒及相關臭及味之問題：有些藻類可釋放出肝毒，有些則釋放神經毒，同時伴隨有土霉味，魚腥味等臭味問題，澳洲對藻毒之鑑定及其控制之道，已有相當深入之研究。我們在澄清湖高級淨水模廠之試驗中，對藻類問題也有許多探討。
- (5) 公共給水系統之安全：自美國發生911恐怖攻擊事件以後，各國對公共給水系統是否會成為恐怖分子下手之目標一事，均不敢掉以輕心，例如美國EPA之代表即提出快速偵測水源中毒性物質方法之報告，主要利用嚴密觀察水生生物如藻、魚類或水蚤之習性，當其習性改變時，就發出警訊。
- (6) 配水系統之管理：雪梨水公司利用直接裝置於水管內之生物膜偵測器來瞭解配水管網內之水質。在義大利，結合telemetry，GIS及決策支援系統之整合配水系統模式已被用於控制漏水及改善配水系統之操作。
- (7) 臭氧、UV及薄膜等高級處理單元：

這些單元所組成之處理程序在實廠之運用日益廣泛。目前所進行之研究在如何進一步提昇其效率。

## 二、工業參觀

四月十七日主辦單位安排與會者參觀南澳水公司（South Australian Water Corporation）之Mt. Pleasant水處理廠。該廠之處理容量為2500m<sup>3</sup>/day。原水來自Murray河，其水質特性為高濁度、高有機物含量。故該廠之特點為採用MIEX（Magnetic Ion EXchange之簡稱）樹脂，以去除原水中所含之自然有機物（NOM）。MIEX樹脂之運用，通常將其加入原水中，以快混懸浮之方式，使其吸附去除水中之溶解性有機物，待接觸一段時間後，將其引入樹脂分離槽，因該樹脂內含有磁性材料成份，故可迅速凝聚而沉降至分離槽底部。大部份之樹脂均迴流至處理程序之始，小部份則送至再生槽，以NaCl溶液為再生液，以氯離子來代換樹脂上之有機物。因該樹脂有相當大的有機物交換容量，故可重複使用相當長的一段時間後，才需要再生。該廠原水進流後，分成兩支，一支經前述MIEX程序後，接傳統之混凝、沉澱、雙層濾料濾床。另一支則在MIEX程序後，接浸水式掃流MF薄膜單元（crossflow microfiltration-submerged），試驗以MF來取代傳統處理

程序。該廠於2001年7月開始運轉。除供水給附近市鎮外，因為流量小，變換操作參數容易，故亦有研發上之功能。

四月十八日本人利用搭機返國前之空檔，前往澳洲水質中心（Australian Water Quality Centre 簡稱AWQC）參觀，亦係前述CRCWQT總部之所在。該中心位於Adelaide市北郊之Bolivar。由Dr. Dennis Steffensen引導，參觀了水處理實驗室，無機化學分析實驗室，有機化學分析實驗室及生物檢驗實驗室。因AWQC以藻類之處理及藻毒之研究聞名於世，Dr. Steffensen亦為該方面國際級之專家，故對於藻類品種之保存、藻種之鑑定，基因工程之應用，由藻所引起臭味物質之濃縮、分析及鑑定等方面之實驗室更感興趣。對該中心優良之工作環境，完善之研究設備，先進之儀器及完善之管理制度，均留下深刻之印象。

## 三、心得與建議

(1) 回國後，剛好碰到國內發生數十年來最嚴重之乾旱現象，許多地區採取限水措施，甚或採分區停水。但以年平均降雨量觀之，台灣地區是澳洲之十倍。以我這次所去之南澳而言，82.8%以上之地區年降雨量低於250mm，只有3.3%之地區年降雨量大於500mm，而台灣地區之年平均

降雨量是2500mm。亦因為天然條件之限制，澳洲對水資源非常之重視，以南澳最重要之表面水源－Murray River為例，在乾旱之年度裡，河水是完全被利用，根本沒有機會讓它流到海裡。另外在澳洲各個大城市以處理過之社區污水來澆灌綠地，以及作為人工地下水補注之用亦是非常普遍。這些均有值得我們借鏡之處。

- (2) 澳洲在加強工業界與學術界間合作研究，以解決本土問題之模式，值得我們參考。

此次會議主辦單位之Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (CRCWQT) 成立於1975，其目的在於協助澳洲水工業以合理之價格，供應高品質的水。其作法仍結合澳大利亞相關之研究能量，以協助其水工業解決所面對之問題，包括從集水區、水處理、輸配水以至於用戶之龍頭。該中心同時從事有關公共給水政策與管理架構之研究，希望結合各方面專家之智慧，與中心研究之成果，將科學研究所得，落實於管理策略之形成，以求取健康風險與成本效益間之平衡。

CRCWQT目前約有29個成員，包括水公司、大學、研究單位及政府機構。值得一提的是該中心的「教育及訓練」計劃，提供獎學金給各大學博、碩士班研究

生，但前題是其論文題目必須與中心之研究主題密切配合，水公司亦參與學生之研究指導，同時提供暑期研究機會給大學部三、四年級學生。如此讓年輕一代的學子可及早瞭解工業界之問題，同時CRCWQT亦為水工業界培育新血輪。該中心亦重視國際間之合作研究，與美國AWWARF，荷蘭KIWA，德國之TZW及南非之WRC簽有合作備忘錄。

其實CRCWQT只是全澳65個CRC（合作研究中心）中的一個。CRC program係澳洲聯邦政府於1990年為激勵工業界之研究所推行的，所包含之領域有製造業、採礦及能源、農業、環境、醫學等。CRC通常是由某一領域內之研究者針對某一特殊專題結合工業界提出設立中心之申請，經過嚴格之審查程序，如獲准設立，可獲得聯邦政府一大筆經費之支援，其餘則由工業界集資，然後針對工業界之需求，由參與之研究機構與工業界合作進行研究。通常一期為七年。如第一期成效良好，經過競爭、審查之程序，可再獲得聯邦政府第二期經費之補助，但通常以二期為限。因依據CRC program之精神，聯邦只是擔任媒介的角色，希望在經過二期之後，一則是CRC之成果能契合工業界之需求，而後者願意負擔全部之經費，或者是由於研究所衍生之商業收益，足以支持中心之運轉，以CRCWQT為例，2001年7

月起已進入第二個七年，七年間可得到聯邦約八百五十萬美金之補助，其餘約四千萬美金則由該中心工業界之成員負擔。由於學術界與工業界之緊密結合，故研究課題皆能針對本土之需求，而研究成果亦能直接應用於實務上。諸如前面所述除藻、藻毒之研究及MIEX Process去除自然有機物（NOM）之技術，均為澳洲針對本土問題進行研究，除解決本身問題外，並能在國際上展露頭角之實例。

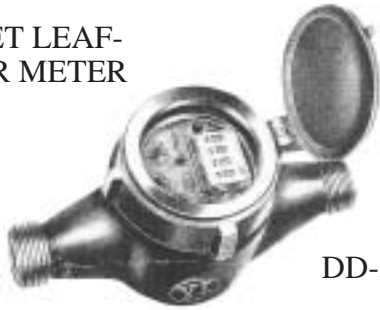
(3) 由本次研討會可知各先進國家除了有專責研究單位以充實之人力與經費從事與公共給水相關課題之研究外，更透過國際合作從事關鍵技術之研發。

國內有關水之問題亦不少，乾旱時缺水，分區停水；暴雨來時，發生洪水，水濁度太高，處理廠無法負荷，亦會停水。平時，水質有時亦無法令大眾滿意。漏水率高，亦受人詬病，許多問題都需要靠深入研究，以尋求解決之道，國內產官學研各界實應群策群力，以求建立類似先進國家之研發機構及合作機制。在此之前，國內自來水事業單位亦可就急迫之問題，尋求與各國先進之研發機構，建立合作之管道，尋求技術支援，以求事半功倍。

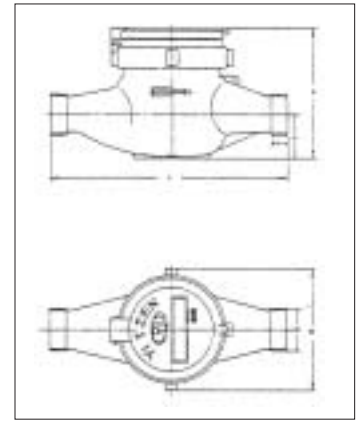
**PRODUCED TO CUSTOMER SPECIFICATIONS  
GENUINE REPRESENTATIVE**

**TWO CASE WET LEAF-  
WHEEL WATER METER**

DD-20



DD-50



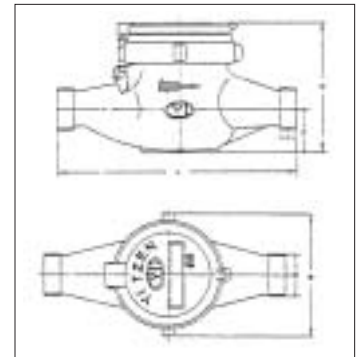
**Specification**

Type	Max. Flow Loss Under 10-Meter Pressure	Size (m/m)			Entrance & Exit Flute			h (m/m)	Min. Indication (L)	Max. Indication (m³)	Weight (kg)
		L	H	W	D (m/m)	Flute Number (flute/inch)	L (m/m)				
DP-13	2	165	95	95	26.44	14	11	31	1	10,000	1.5
DD-13	2	165	97	95	26.44	14	11	31	1	10,000	1.5
DP-20	3	190	105	100	33.25	11	13	35	1	10,000	1.9
DD-20	3	190	107	100	33.25	11	13	35	1	10,000	1.9
DP-25	4	225	105	100	41.91	11	15	35	1	10,000	2.1
DD-25	4	225	107	100	41.91	11	15	35	1	10,000	2.1
DP-40	10	245	137	125	59.62	11	20	45	1	10,000	4.2
DD-40	10	245	137	125	59.62	11	20	45	1	10,000	4.2
DP-50	20	245	154	136	75.18	11	25	65	1	100,000	7.4
DD-50	20	245	154	136	75.18	11	25	65	1	100,000	7.4

**TWO CASE WET LEAF-WHEEL WATER METER (Adjust  
Piston Outside)**

Direct-Reading Accumulative Calator  
DDTYPE

DP-20A



**Specification**

Type	Size (m/m)			Entrance & Exit Flute			h (m/m)	Min. Indication (L)	Max. Indication (m³)	Weight (kg)
	L	H	W	D (m/m)	Flute Number (flute/inch)	L (m/m)				
DP-13A	165	110	100	25.8	14	14	35	1	10,000	1.4
DD-13A	165	110	100	25.8	14	14	35	0.1	10,000	1.4
DP-20A	190	110	100	33	14	14	35	1	10,000	1.8
DD-20A	190	110	100	33	14	14	35	0.1	10,000	1.8
DP-25A	210	110	100	39	14	14	35	1	10,000	2.1
DD-25A	210	110	100	39	14	14	35	0.1	10,000	2.1
DP-40A	245	145	123	56	11	18	51	1	10,000	3.8
DD-40A	245	145	123	56	11	18	51	0.1	10,000	3.8

**Main Capacity & Quality**

Type	Max. Flow Loss Under 10-Meter Pressure	Starting Point	Approximate Correct Point	Correct Low Limit Point	Inspected Flow Speed		Min. Inspected Quantity of Water	
					Small Flow	Large Flow	Small Flow	Large Flow
DP-13A.DD-13A	3	18	40	150	0.2	1.0	50	300
DP-20A.DD-20A	5	25	60	250	0.3	2.0	50	300
DP-25A.DD-25A	7	35	80	350	0.4	2.5	50	300
DP-40A.DD-40A	20	90	200	1000	0.7	6.0	100	1000



**YI-TZEN PRECISION INSTRUMENT CO., LTD.**

32-8, Makou Li, Matou Chen, Tainan Hsien, Taiwan, R.O.C.

Tel:(06)5701277,5701720

# 工程e化

中華顧問工程司

品質優先

[www.ceci.org.tw](http://www.ceci.org.tw)

創新業務與您分享

- 自來水系統規劃、設計、監造
- 水污染防治工程規劃、設計、監造
- 污水下水道系統規劃、設計、監造
- 廢棄物處理系統工程規劃、設計、監造
- 空氣污染防治規劃、設計、監造
- 噪音振動防治規劃、設計、監造



- 環境影響評估及監測
- GIS地理資訊系統及應用
- e-CMIS營建管理資訊系統
- 華光營建網 <http://www.econst.com.tw>
- 交通千里眼 <http://www.e-traffic.com.tw>

CECI



財團法人 中華顧問工程司  
China Engineering Consultants, Inc.

# 信華機械工業股份有限公司

ISO 9000 國際標準品質保證制度認證工廠

SHINN HWA MACHINE INDUSTRY CO.,LTD

Quality assurance certificate ISO 9000

- \* 經濟部工業局核定外銷工廠
- \* 中華民國自來水協會績優甲等廠商
- \* 台電國產化設備器材推行委員會評鑑合格廠家

經驗 · 品質 · 實績



可撓伸縮管

**主要產品：**蝶閥、舌閥、閘門閥、  
逆止閥、可撓伸縮管…

**技術合作：**日本栗本株式會社、  
日本水研株式會社

**適用範圍：**防洪、電力、石化、  
污水處理、自來水、  
造船、下水道。

本公司自1965年創業以來，歷經30多年的研究及製造經驗，信華產品的設計和品質，在閥類的製造領域中有高水準的製造技術及品質管制，使信華產品行銷世界各地，並廣泛的使用在各種工業工程上，如自來水廠、污水處理廠、石化工廠、防洪抽水站、灌溉用水、發電設備等輸送管線。最大生產口徑可達3,600mm，產品精良，行銷全省各大公民營企業及海外，深獲好評。

**銷售實績：**台電公司核一廠、核四廠、通霄發電廠、台中發電廠、大林發電廠、興達發電廠、台北自來水事業處、直潭淨水廠、中和加壓站、中港抽水站、林森抽水站、撫遠抽水站、八里污水處理廠、中華紙漿、台灣省自來水公司、台塑關係企業等……



3400 mm 蝶閥

公司: 台北市健康路15巷5號 TEL: (02) 2713-6262 FAX: (02) 2715-5733  
工廠: 三重市光復路一段101號 TEL: (02) 2995-8144 FAX: (02) 2995-7855



<http://www.shinnhwa.com.tw>

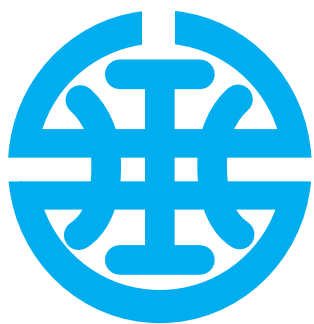
祝

中華民國自來水協會

第十五屆第一次會員代表大會暨  
第卅五屆自來水節慶祝大會

群策群力 · 拓展水源

- 一、協調同業關係，維護會員權益，增進共同利益。
- 二、謀劃工業之改良推廣，促進經濟發展。
- 三、為會員、政府單位、自來水事業機構之  
聯繫橋樑。



## 服務項目

台灣區水管工程工業同業公會  
理事長周敏雄及全體理監事  
賀



## 錦源 鑄造工業 水泥製品 股份有限公司

公司：台北市建國北路一段69號9樓

電話：(02)2508-2976 (代表號) 傳真：(02)2508-2980

### 主要產品

#### 鑄造廠

- 1.球狀石墨鑄鐵直管  $\phi$  100m/m-2600m/m
- 2.球狀石墨鑄鐵零件  $\phi$  75m/m-3000m/m
- 3.各種閥類、人孔蓋等鑄造器材
- 4.自來水、瓦斯用石墨鑄鐵配件
- 5.U型球狀石墨鑄鐵管  $\phi$  1000m/m-2600m/m

廠址：桃園縣觀音鄉樹林村經建二路25號

電話：(03)4839540 · 4839941-2

傳真：(03)4838297

#### 水泥製品廠

- 1.無鋼襯預力混凝土管  $\phi$  500m/m-2000m/m
- 2.鋼襯預力混凝土管  $\phi$  1350m/m-3000m/m
- 3.預力混凝土基樁  $\phi$  300m/m-1000m/m
- 4.預力混凝土電桿

廠址：桃園縣大溪鎮南興里西尾20號

電話：(03)3801592 · 3803592

傳真：(03)3805171



# 邁向新世紀 元鋼與您一起努力!

## 國內工程實蹟：

內政部營建署：  
淡海新市鎮送配水管線供料。  
台灣省自來水公司：  
北區工程處  $\phi$  1500U型推進管輸水幹管工程供料。  
隘寮堰—內埔至萬丹幹管工程供料。  
楊梅—湖口送水幹管工程供料。  
台南科技工業區送水幹管工程供料。  
行政院國家科學委員會：  
科學工業園區（台南）自來水輸水幹管工程供料。  
台塑公司：大樹至仁武送水幹管工程。  
南科園區：開發工程第一期第一階段90公頃開發案。  
高雄新市鎮綜合示範區：公共工程配水管線供料。

## 國外工程實蹟：

沙烏地阿拉伯：吉達工業區輸配水管線污水處理。  
約旦：河谷灌溉給水工程。  
埃及： $\phi$  250~700, 1600mm配水管線工程供料。  
印尼： $\phi$  80~400mm配水管線工程供料。  
新加坡： $\phi$  80~2000mm配水管線工程供料。  
敘利亞： $\phi$  1200、1400mm阿歷伯水工程主水管線供料。  
依索比亞： $\phi$  80~600mm俄羅斯亞水管線工程供料。  
土耳其： $\phi$  80~700mm配水管線工程供料。  
菲律賓： $\phi$  250~1100mm馬尼拉配水工程供料。  
馬來西亞： $\phi$  150~300mm配水管線工程供料。  
 $\phi$  300~600mm蝶閥供料。  
阿拉伯聯合大公國： $\phi$  300~400mm彈性座封閥供料。

外銷DN1200x6M直管吊裝作業



自來水公司DN1200直管



外銷DN900x22.5°彎管裝箱作業



自來水公司DN2400手動立式蝶閥

## 主要產品：

直管： $\phi$  75~2600mm  
管件： $\phi$  75~3200mm  
蝶閥： $\phi$  200~2600mm  
制水閥： $\phi$  50~900mm

消火栓： $\phi$  75~150mm  
彈性座封： $\phi$  50~350mm  
雙口排氣閥： $\phi$  50~200mm  
單口排氣閥： $\phi$  13~25mm



## 元鋼工業股份有限公司 YUAN GANG INDUSTRIAL CO.,LTD.

總公司：台南縣官田鄉二鎮村工業西路20號

電話：06-6983228(代表號)

傳真：06-6980856

台北辦事處：台北市忠孝東路四段二號807室

電話：02-27812239 · 27813978

傳真：02-27774202

# 優良的品質、永續的服務



興南鑄造廠股份有限公司 [Http://www.snpipe.com](http://www.snpipe.com)

公司 06-2513646

台北辦事處 02-23412580

永康廠 06-2534185

山上廠 06-5781940

台南市公園路435號

台北市大安區永康街23巷19號

台南縣永康市鹽洲里洲尾街72號

台南縣山上鄉明和村北勢洲90號