

ISSN 1025-7683

中華民國自來水協會會刊



白

來

水

第21卷 第3期 (83)

中華民國九十一年八月



**WATER SUPPLY QUARTERLY**

Volume 21 NO.3 August 2002

Water Works Association of the Republic of China (Taiwan)



9 771025 768008

# 自來水會刊第二十一卷第三期⑧目錄

## 專門論著：

二氧化氯氧化自來水原水中臭味物質之研究……………吳志超等三人 …… 3

## 實務研究：

台灣北部地區嚴重枯旱供水因應措施……………謝啓男 …… 23

## 一般論述：

延性鑄鐵管通過斷層之設計原則……………蔡錦松、侯信宇 …… 40

PDA在自來水修漏申報上的應用……………涂裕琦、陳偉堯 …… 52

自來水漏水控制的理論和實務……………姚關穆 …… 61

## 他山之石：

整合管理——永續水資源之要訣……………劉家堯等五人 …… 65

國際短波：…………… 77

學術活動：…………… 79

## 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

# 二氧化氯氧化自來水原水中臭味物質之研究

吳志超<sup>1</sup> 楊惠玲<sup>2</sup> 吳俊哲<sup>3</sup>

## 一、前言

近十年來，因產業技術及生活水準提高，不論是產業或一般民眾之用水品質及量之要求上均有顯著之提升，然受限於臺灣之氣候與地理環境在原水水量上並無法相對成長。再者水源又主要來自於地表水，極易受污染，要兼顧供水之質與量著實讓相關單位備感壓力，此外環保署將於92年執行新的自來水水質標準，其中有關安全性（如致癌之消毒副產物含量）與適飲性（如硬度、臭味等）之水質更是受到空前之重視。

以往國內對於各種改善傳統水廠的研究已不少，包括氧化、吸附、生物處理等，然其研究方向多著重於有機物與消毒副產物之去除，對於處理後之適飲問題則是於近幾年方漸有較多探討，然目前針對此方向之相關研究亦大多以活性碳吸附及薄膜技術為多，其餘之研究仍有待加強。

臭味問題一直是台灣南部自來水用戶抱怨之主題，在鳳山與澄清湖淨水場之原

水中亦均發現有其產生源，傳統上亦均以氧化法藉由氧化劑之高氧化電位來對臭味目標物進行分解去除，現階段台灣淨水廠多以氯作為氧化劑，但由於目前水源污染嚴重，為達效果提高加氯量，卻也提升消毒副產物致癌問題，因此目前的淨水廠多尋求替代氧化消毒劑，以達兼顧處理效果與安全之目的。

二氧化氯早在1944年紐約市的Niagara Falls淨水廠便嘗試應用於淨水處理（Symons, 1979），1992年時更出現使用二氧化氯來取代氯進行預氧化（Pre-oxidation），藉以控制消毒副產物之生成（Dietrich et al., 1992）。由於二氧化氯不會與水中的腐植質反應形成三鹵甲烷（THMs），也不會與氨反應形成氯胺，除此之外，其操作成本亦不高，而操作方式則近似於加氯消毒系統，而且操作過程中二氧化氯的殘存量容易被檢測及控制，pH之適用範圍也更寬廣（Gordon et al., 1999）。因此二氧化氯被公認為抑制

1逢甲大學環境工程與科學學系 副教授

2逢甲大學環境工程與科學所 碩士

3逢甲大學環境工程與科學學系 助理教授

TTHMs生成的一種替代性氧化消毒劑。

目前國內並無二氧化氯應用於公共自來水處理之實場案例，在取代氯作為氧化或消毒劑及同時提高飲用水適飲性之需求下，進行二氧化氯氧化及消毒效益與臭味之去除試驗探討應有其需求性。本文之主要目的除回顧彙整以往國內外自來水中臭味之氧化文獻外，亦實際以二氧化氯進行臭味物質氧化以了解在國內應用之可行性。

## 二、自來水原水中之臭味

構成水中臭味產生大致可歸咎於人為的加入及天然之生成兩種因素。人為的加入主要皆因一些人為活動將可構成臭味物質不當排入水體所致，而天然生成之臭味則主要可能為土壤層中之顆粒原味、植物之腐敗與無機鹽（如鐵、硫酸鹽）及藻類、放線菌、浮游動物與矽藻等之生物代謝物引起（Gray, 1994）。根據歷年的研究對臭味特性描述，常包括有土霉味、魚腥味、芳香臭與青草臭等，但不論何種臭味其往往在低至ppt級的濃度即可造成相當強度的臭味，構成臭味物質中之Geosmin（GSM）與2-Methylisoborneol（2-MIB）被認為是自來水原水中常見導致土霉味之化合物（汪俊育，2000）且經常被作為研究調查之對象，而在台灣地區之本土藻類亦被證實會在水源原水中產生此二物質

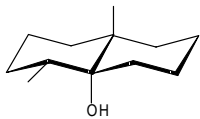
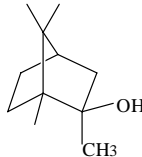
（Hu and Chiang, 1996）。GSM與2-MIB之產生原因歷年來均有許多探討，根據汪氏（1999）之研究顯示，鳳山淨水廠原水中主要造成臭味之物質為2-MIB，其濃度最高可至90 ng/L，最低則為8 ng/L，而另嗅覺層次分析法（Flavor profile analysis, FPA）則顯示冬天臭味主要為魚腥味；夏天溫度較高則為土霉味。此外，更研究經過處理之原水，2-MIB濃度雖達約45%之去除率，但出水中仍殘留有相當的濃度，若將其濃度換算成FPA臭味強度，其對臭味強度之去除更是有限。然此殘餘臭味雖經加氯後已被掩蓋，但一旦餘氯在配水管線中被消耗，其臭味將再度顯現出來。

表1為GSM與2-MIB之基本資料及性質。由表中可知此二物質之臭味閾值分別低至10及29 ng/L，雖然文獻對此二物質之嗅覺閾值記載均有所不同（汪俊育，2000），上限有達200 ng/L之譜，但仍可顯示微量之存在即可構成臭味口感。

## 三、臭味之分析

對於臭味的檢測，大體可分為感官分析法與儀器分析法，其中最早且也廣為應用之方法為初嗅數法（Threshold odor number, TON），而後陸續則有嗅覺層次分析法（FPA）、固相微萃取法（Solid phase micro-extraction, SPME）、封閉式氣提迴路法（Closed-loop stripping analysis,

表1：GSM與2-MIB之基本資料及性質

	Geosmin	2-MIB
化學式	Trans-1,10-Dimethyl-trans-9-decalol	2-Methyl-isoborneol
分子式	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O
分子量	182	168
結構式		
臭味界限值(ng/L)	10	29
m/z	112	95

資料來源：Amoore J. E.(1986); Lloyd S. W. *et al.*(1998)

CLSA) 等，不但可對臭味加以定性，也可定量。

感官分析法方法主要均以人鼻之臭味感覺強度作為判斷之依據，常受主觀之影響，然卻可因此分辨出臭味種類。感官分析法主要包括有初嗅數法 (TON) 及嗅覺層次分析法 (FPA)。

初嗅數為最原始普遍用來表示臭度的檢測方法，其主要原理乃將水樣利用稀釋法稀釋至檢測者未感覺到臭味的最小稀釋倍率，將此稀釋倍率定義為水樣之初嗅數 (TON)，而現今飲用水水質標準對臭度的規定為初嗅數 = 3。然此方法對於不同檢測者而言，因其嗅覺敏感度不同，將可能產生不同的結果，且此方法並無法將臭味強度量化，此為初嗅法最大的缺點。

嗅覺層次分析法亦是利用感覺分析來

定性並定量臭度，其需要至少四人以上接受一連串的臭味訓練，分別為水樣辨認、標準溶液練習、臭味閾值測試、臭味強度練習及強度進階練習等，並將臭味強度分為12級，配製適當之標準溶液，對其味道性質作描述，並取濃度之對數與臭味強度做圖可得一線性關係，藉此定量臭味。

常見的儀器分析法有封閉式氣提迴路法 (CLSA) 與固相微萃取法 (SPME)，其皆利用不同的吸附材質與裝置，將臭味物質萃取吸附後，以氣相層析質譜儀進行分析 (GC/MS)。此等方法之最大優點為其分析值有其一明確之化學量，較具科學意義而較少主觀之爭議，雖此但卻無法分辨出臭味種類。

封閉式氣提迴路法之基本原理，乃利用幫浦以氣提法將水樣中之揮發或半揮發

性物質吹出，吹出的氣體順著迴路通過一活性碳管，藉此將物質吸附，而後氣體回到樣品瓶成一封閉式迴路，此程序運作2 hr後再利用溶劑將活性碳中之物質洗出並利用脫附，進行GC/MS分析。此法為Standard Method中分析GSM與2-MIB等土霉味之標準方法。國內最早乃由交大陳重男教授引入進行水源水之臭味分析（陳等，1993），爾後逢甲大學胡苔莉教授及成功大學高小萍亦曾應用之。

SPME法是利用特殊的吸附纖維（fiber）對目標化合物做選擇性吸附，進而達到濃縮萃取效果，以GSM與2-MIB等土霉味物質為例，其適用的吸附纖維的材質為divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane，基本原理乃於水樣中加入NaCl鹽化後，置入封閉的樣品瓶系統以headspace的方式將纖維暴露於液面頂部空間，以水浴法控制系統的溫度，進行吸附，在達適當的吸附時間後，取出纖維，再次將其暴露於GC之注入口，以溫度將其脫附，進行GC/MS分析。此方法在應用上存在著幾項重要的影響因子，如吸附溫度、暴露時間、水樣體積、吸附材質、NaCl之添加等（Lloyd et al., 1998；Watson et al., 2000；汪俊育,2000），Lloyd研究中採試驗時間1~20 min，吸附溫度22、40、60、80°C，水樣量0.7、6、15 mL進行GSM與2-MIB之萃取條件研究，

結果發現吸附時間於4 min時之積分面積為1 min之10倍，而20 min時僅為4 min之2倍，建議若以吸附強度為主要考量，則選擇20 min，反之若以時間為主要考量則5 min即可提供介於時間及強度間的折衷辦法；吸附溫度方面，40°C所得之面積較22°C稍大，而60與80°C則有明顯減小，故建議採40°C為較佳之吸附溫度；水樣量方面，發現當使水樣量越大，而頂部空間越小，可增加分析敏感度。Watson之研究顯示，添加NaCl與加溫可得較大之積分面積；吸附時間之試驗（1、2、3 hr），GSM約於2 hr達吸附平衡，而2-MIB於1 hr吸附量不再增加。然汪氏（2000）曾於其研究中指出，以SPME檢測GSM與2-MIB時，以50°C下進行吸附可得較大之吸附量，而2-MIB在吸附時間達30 min時已達吸附平衡，但GSM之吸附量仍持續增加中，但以時間效率為考量，乃取30 min為較佳的吸附時間。

CLSA與SPME二方法之孰劣孰優可由表2所例舉之項目比較之。SPME之萃取時間約僅需CLSA分析法之四分之一，而水樣需求量更可較其節省其十倍以上，且利用此方法所得之偵測極限一般來說皆可較CLSA法低，然以CLSA法萃取時除須加以曝氣外，其萃取後之活性碳管尚須利用溶劑將被吸附物質脫附出，相較於SPME之熱脫附實較為不便，除此之外，

SPME法針對不同的目標物有其適用之吸附材質，因此可增進目標物之回收率，由上列之優勢，近年來SPME乃逐漸被重

視、研究，應用於各種揮發性與半揮發性物質之檢測，本研究試驗亦選擇此方法作為GSM與2-MIB之定量分析。

表2：CLSA法與SPME法之比較

	CLSA	SPME	相關文獻
吸附材質	活性碳	特殊纖維	
選擇性	無	有	胡與蔣(1993) <sup>[1]</sup>
曝氣	需	不需	翁玉芬(1993) <sup>[2]</sup>
萃取時間 (min)	120 <sup>[1]</sup>	1 ~ 20 <sup>[6]</sup> 30 <sup>[4]</sup>	高小萍(1998) <sup>[3]</sup> 汪與林(2000) <sup>[4]</sup>
水樣體積 (mL)	2000 <sup>[1][3]</sup> 1000 <sup>[5]</sup>	0.7 ~ 15 <sup>[6]</sup> 200 <sup>[4]</sup>	林財富(2001) <sup>[5]</sup> Lloyd <i>et al.</i> (1998) <sup>[6]</sup>
偵測極限 (ng/L)	GSM — 26.2 <sup>[2]</sup> 、2.6 <sup>[1]</sup> MIB — 95 <sup>[1]</sup> 、12.3 <sup>[3]</sup>	GSM — 10 <sup>[6]</sup> MIB — 10 <sup>[6]</sup> 、2 <sup>[5]</sup>	
脫附	溶劑脫附	GC 注射口熱脫附	

#### 四、GSM與2-MIB之氧化去除

淨水場常用之氧化劑有臭氧、二氧化氯與高錳酸鉀等，然使用氧化劑除氧化有機物外，亦可同時將臭味物質去除，不過不管使用何種氧化劑，處理過的水都可能因氧化產生的生成物或殘餘氧化劑本身的味道而導致出水存在與原水不同形式的臭味，如O<sub>3</sub>產生的水果味（汪俊育，2000）；二氧化氯產生煤油或貓尿味（Dietrich *et al.*, 1992; Hoehn *et al.*, 1990）。

以往的加氯法可去除藻類所引起的臭味，但過量將會與有機物產生氯的衍生

物，而導致臭味，若不足則中間含氯化合物亦會加強臭味（Froese *et al.*, 1999），且一般加氯對於魚腥味之去除較為有效，對土霉味與青草臭較難去除（Erdei, 1963）；此外餘氯對臭味存在著遮蔽效應，導致淨水廠出水並無察覺土霉等臭味存在，但當餘氯於輸送管線中被消耗，則臭味將再度呈現（汪俊育，2000）。

臭氧已漸漸被廣泛運用於取代氯做消毒劑，亦可應用於臭味的控制，Glaze等（1990）研究6種不同氧化劑（HOCl、NH<sub>2</sub>Cl、ClO<sub>2</sub>、KMnO<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>）及三種搭配程序（O<sub>3</sub>/UV、O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV）

對兩淨水廠原水中6種臭味物質的去除效果，結果發現HOCl、NH<sub>2</sub>Cl、ClO<sub>2</sub>、KMnO<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>並無法有效控制淨水廠之臭味問題，其主要導因於GSM與2-MIB，而臭氧卻有能力將GSM與2-MIB氧化，達良好的去除率，且不必搭配任何其他的氧化劑，Glaze等推測其乃因自然水體裡所含的成分，與臭氧反應生成高氧化力的自由基，然其中之反應機制則未有明確交待。Kim等（1997）曾進行以臭氧搭配活性碳吸附之模型場研究，經混凝-沉澱-快砂濾後，再經臭氧，GSM與2-MIB之去除率分別由原來之11.5 %與20.7 %提高為33.3 %與28.1 %，建議經後臭氧程序比無後臭氧直接進入活性碳濾床能提供有效的臭味控制。葉氏等（1999,2001）以臭氧及GAC等程序控制澄清湖淨水廠的臭味問題，相同地亦發現以單獨臭氧對臭味問題去除效果並不明顯，而臭氧接活性碳則有明顯的去除效果。Atasi等（1999）利用單獨臭氧及搭配H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>去除五種臭味物質，分別為Geosmin、MIB、IPMP為原水中存在者，此外添加兩種額外的臭味物質cis-3-hexenyl acetate（草臭）與trans,trans-2,4-heptadienal（魚腥臭），發現相較於溫度、添加點（原水或經沉澱水）與H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>之搭配與否，臭氧劑量為控制臭味問題之顯著因子，當添加0.5 mg/L之O<sub>3</sub>，去除率約只有20~30 %；當劑量達2 mg/L，去除率

則可達80 %以上；再者於沉澱後添加O<sub>3</sub>比原水添加對臭味有稍高的去除率，但在設計應用上仍須考量其較高的殘餘量與較少的消耗量；H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>之搭配對Geosmin之去除率僅增加10 %，且需控制pH=8，故在此系統建議不需添加；綜合言之，五種臭味物質中以2-MIB最難去除，其次是IPMP與GSM，此草臭與魚腥臭可容易地被去除。Nerenberg等（2000）以臭氧搭配生物濾床進行臭味去除之研究，其表示單獨使用臭氧，其氧化後之產物會增加生物活性，然單獨使用生物濾床於淨水程序，則有營養鹽不足的考慮，故若在臭氧氧化後增加生物濾床則可將臭氧為完全分解的物質藉由生物利用而達去除效果，其結果發現，原水（MIB約14 ~ 43 ng/L）經臭氧後2-MIB之去除率為36 ~ 65 %，沉澱幾乎無去除效果，而後之生物濾床可再提升去除率約46 ~ 26 %，總去除率可達93 %以上，根據此2-MIB之研究結果Nerenberg等表示，當臭氧所導致的不穩定性愈高，愈是增強後續生物濾床對有機物的分解能力，且此法可有效地將2-MIB去除至低於其界限值。然而國內汪與林（2000）卻發現港西淨水廠之生物圓盤法（RBC）則對2-MIB幾乎無去除效果。

高錳酸鉀亦常被認為可以去除臭味，但Lalezary等（1986）曾以KMnO<sub>4</sub>對五種配置之含土臭味溶液（IPMP、IBMP、

MIB、TCA、Geosmin) 進行研究, 結果顯示不管針對何種臭味物質,  $\text{KMnO}_4$  所得之效果最差皆小於 20%, Glaze 等 (1990) 使用 3 mg/L 之劑量、接觸時間 2 hr, 發現對 Geosmin 與 MIB 之去除效果不佳, 此外, Suffet 等 (1995) 之研究亦比較氯、臭氧、高錳酸鉀對臭味之去除, 發現高錳酸鉀對土味、腥味等臭味之控制效果並不理想。國內則亦曾試驗於澄清湖原水, 結果亦發現高錳酸鉀對魚腥味去除較有效, 但對土臭味則無顯著成效 (李俊德等, 1985)。

二氧化氯應用於淨水程序其主要目的乃為了減少消毒副產物的生成, 然其對於臭味物質亦有氧化分解之效果, 根據 Lalezary 等 (1986) 之研究, 以不同氧化劑處理人工配置的含臭水樣, 其對 GSM 與 2-MIB 之處理效果分別為  $\text{ClO}_2 > \text{O}_3 > \text{MnO}_2(s) > \text{Cl}_2 > \text{KMnO}_4$  與  $\text{ClO}_2 > \text{O}_3 > \text{Cl}_2 > \text{MnO}_2(s) > \text{KMnO}_4$ ,  $\text{ClO}_2$  之有效劑量為 4 mg as  $\text{Cl}_2/\text{L}$  反應時間 2 hr, 此時 GSM 與 2-MIB 之濃度分別由 200 ng/L 降至 80 ng/L 與 150 ng/L 左右, 大於此劑量則去除率便無明顯增加, 相較於其他氧化劑, 二氧化氯則較能有效降低水中臭味。然 Glaze 等 (1990) 在其研究卻指出二氧化氯並無法有效氧化控制臭味物質, 其以 3 mg/L 之劑量反應 120 min, 對於 2-MIB 與 Geosmin 之去除率僅 2% 與 17%, 此與 Lalezary 等之研究結

果似有衝突, 其推測可能導因於原水中可能存在促進臭氧產生高氧化力自由基所導致。故由此兩研究結果顯示原水水質差異可能為氧化劑對臭味物質去除效果之重要影響因子, 然此恐非一、二個水廠試驗即可有定論。相同地, 國外之研究結論不一定適用於台灣地區原水特性。

## 五、研究內容及實驗方法

本研究之內容主要包括以下部分:

(1) 二氧化氯對 GSM 與 2-MIB 氧化去除效果之探討 (2) 實際原水之試驗。實驗方法則詳如下

### (1) Geosmin 與 2-MIB 之分析

本研究對於 Geosmin 與 2-MIB 之定量上分為兩部分, 一是萃取、一是儀器分析。萃取方面採 SPME 法, 其裝置如圖 1 所示, 而後藉由 GC/MS 進行定性及定量分析。此方法乃利用不同的吸附纖維對目標物做選擇性吸附, 本研究所選擇之纖維材質為 Supelco 公司的 Divinylbenzene/Carboxen/PDMS (DVB/CAR/PDMS), 其對 GSM 與 2-MIB 等臭味物質具極佳之吸附效率, 萃取裝置如圖 1 所示, 而 SPME 法各材料與設備之詳細資料則請參閱楊惠玲 (2002)。本研究使用 SPME 法分析 GSM 與 2-MIB, 兩訊號分別出現於 12.833 與 8.850 min 之位置, 而分析之檢量線之  $R^2$

值皆可達0.990以上，查核與重複分析之回收率亦都可控制於80~120 %之間。

此外為便於與現行法規之比較，亦同時採用環保署所公告之臭味分析標準方法——初嗅數法（TON）進行氧化前後之臭味強度變化。

### (2) 二氧化氯對GSM與2-MIB去除

由於國內原水之GSM或2-MIB之濃度多分佈於100 ng/L以下及參考USEPA（1999）之相關規定表示當二氧化氯施用量大於1.4 mg/L，則將導致 $\text{ClO}_2^-$ 之殘餘量大於法規標準之1 mg/L，故本研究乃以DI水配置100~200 ng/L之GSM與2-MIB溶液，控制pH為6.8、溫度25°C，添加0.02~5mg/L之二氧化氯進行不同反應時間、反應劑量及初始濃度對氧化GSM或2-MIB之影響探討。

### (3) 實際原水之試驗評估

為探討二氧化氯去除Geosmin與2-MIB之實廠應用價值，乃考慮採汲台灣中部豐原及南部鳳山兩淨水廠原水進行試驗，但因採樣時正值土霉味較弱之季節，其原水均未檢測出有此二物質存在後，故仍分別添加GSM或2-MIB至豐原與鳳山淨水廠原水——大甲溪與鳳山水庫水質特性之水樣，以原水配製100 ng/L之GSM或2-MIB，添加不同劑量之二氧化氯，控制溫

度25°C及較適之反應時間下進行試驗。藉此了解天然有機物（NOM）與GSM或2-MIB對氧化劑之競爭情形，並評估此研究用於實廠利用之可行性。

### (4) 氧化實驗

氧化實驗乃將已於水浴槽中恆溫約30 min之水樣325 mL加至氣密反應槽中，預攪拌3 min，使反應系統達溫度平衡（設定溫度）後，進行氧化劑添加等步驟。反應終止後，釋放出部分水樣，使剩餘250 mL以進行SPME之吸附萃取，再以GC/MS分析GSM或2-MIB。

### (5) 基本水質分析方法

本研究之所使用之基本水質分析方法及其所根據法源詳列如表3。

### (6) 二氧化氯製備

本研究所使用之二氧化氯以酸生成法製備（Standard Method 4500- $\text{ClO}_2$ ），製備濃度主要受亞氯酸鈉之純度影響，試驗產製之濃度大致為350mg/l，確實之濃度則由滴定法確認之。

## 六、結果與討論

### (一) 二氧化氯劑量對Geosmin與2-MIB氧化之影響

圖2乃以二氧化氯劑量1 mg/L，反應

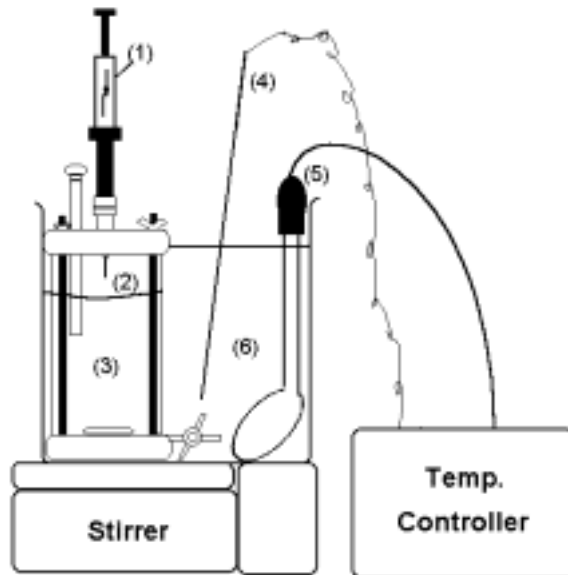


圖 1 SPME 萃取裝置

- (1) SPME holder
- (2) Fiber
- (3) 反應槽
- (4) 溫度探棒
- (5) 電湯匙
- (6) 水浴槽

表3：基本水質分析方法

分析項目	分析方法	方法編號
臭度	初嗅數法	NIEA W206.50T
濁度	濁度計法	NIEA W219.50T
鹼度	滴定法	Standard Method 2300B
氨氮	納氏比色法	NIEA W416.50A
亞硝酸鹽氮	分光光度計法	NIEA W418.50T
硝酸鹽氮	分光光度計法	NIEA W419.50A
二氧化氯	Iodometric Method	Standard Method 4500-ClO <sub>2</sub> B
自由餘氯	DPD Ferrous Titrimetric Method	Standard Method 4500-C1 F
UV <sub>254</sub>	Ultraviolet Absorption Method	Standard Method 5910A

時間1 ~ 60 min分別對GSM及2-MIB之試驗結果。由圖顯示，不論是GSM或2-MIB，二氧化氯皆可於前5 min內快速將其降解，5 min後其效率則有明顯下降，20 min後幾乎不再有顯著之降低，而且經60 min之氧化反應後仍有50%之殘留量。如單就5 min之效果而言，可發現二氧化氯對GSM約有45 ng/L之降解效果，2-MIB可有50 ng/L之降解效果，兩者之此差異

乃屬於分析誤差範圍，由此可推測在短時間之氧化接觸下2-MIB之反應應與GSM相當，然此結果與以往文獻所述兩者以2-MIB較難被去除有所不同 (Lalezary et. al, 1986; Glaze, 1990)，此乃有待更進一步研究探討。鑒於10 min後GSM及2-MIB並未再有明顯之下降趨勢，再者如考慮一般實廠停留時間之應用限制，故本研究後續試驗，乃以10 min為反應時間。

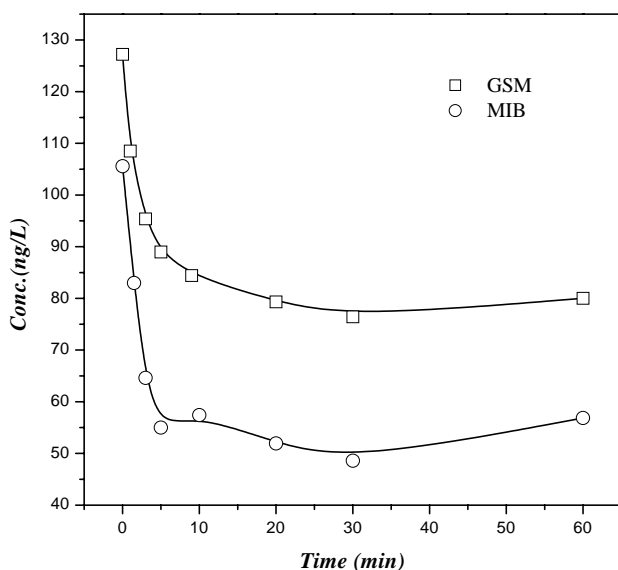


圖2 反應時間對二氧化氯氧化 GSM 或 MIB 之影響  
(ClO<sub>2</sub>dose : 1mg/L)

二氧化氯之使用劑量探討上則分別就下列兩試驗探討：一為固定反應時間10 min，添加不同之ClO<sub>2</sub>劑量；另一則分別添加高、低兩劑量之二氧化氯比較在5 min內，其GSM與2-MIB之去除狀況。表4

及表5乃分別為不同劑量二氧化氯對GSM與2-MIB之去除結果。藉由表4、表5二氧化氯之實際反應量得知，當添加劑量達1 mg/L以上時，其所殘留之氧化劑量隨添加劑量而增大，顯然其氧化量並不因添加

量而有所增加。如由單位處理量比較之則可發現皆以二氧化氯為劑量1 mg/L時，分別擁有最大之GSM與2-MIB單位處理量(84.4 ng/mg ClO<sub>2</sub>與345 ng/mg ClO<sub>2</sub>)，此時顯然則以2-MIB之單位去除效果較高。另外在2-MIB之反應結果有一值得注意者為，當二氧化氯劑量為0.1、0.5、1 mg/L時其耗用量約略相等，但2-MIB之反應量卻仍持續增加，此結果乃反映出雖然2-MIB與0.1 mg/L二氧化氯劑量比已高達1/1000，但更大之二氧化氯劑量可以提供更大之反應機會，而促使2-MIB之反應增加。然於GSM試驗並無此情形發生，可能因GSM反應較慢，雖提高其反應機會，仍未有明顯之去除效果。

此外，亦以初嗅數法定量反應前後之臭味強度變化，並對其臭味特性加以描述。結果顯示，對於GSM而言，所添加

之二氧化氯並未對其臭味強度之衰減有所助益，且反在高劑量(5 mg/L)時有殘餘之氯味出現；而2-MIB之試驗則有強度減弱情形，TON值乃由原來之4降至2，已低於飲用水(水源)標準值3，然當添加高劑量之二氧化氯時，亦同樣有氯味產生。另為排除二氧化氯本身之臭味，故先行添加何等(2001)所建議不具臭味特性之還原劑-硫代硫酸鈉將殘餘之二氧化氯所造成的氯味予以去除，但結果卻發現添加Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>後，明顯地有很強之臭味生成，味道特性乃類似硫化物而不同於土霉味。由此可見超過1 mg/L之二氧化氯不見得是有助於臭味之去除，文獻亦顯示當二氧化氯應用於預氧化時，會產生令人討厭的煤油味或貓尿味，可能造成附近居民的抗議(Hoehn et al., 1990)。

表4：二氧化氯劑量對GSM去除效果之影響 (reaction time : 10 min)

Applied dose (mg/L)	Utilized ClO <sub>2</sub> (mg/L)	GSM (ng/L)	Removal rate (%)	Removed (ng GSM/mg ClO <sub>2</sub> )	Sample Only		Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> added	
					intensity (TON)	odor character	intensity (TON)	odor character
0	0	127.2	0	0	4	土霉	4	土霉
0.1	<b>0.10</b>	125.0	1.8	22.4	4	土霉	4	土霉
1	0.30	102.0	19.8	<b>84.4</b>	4	土霉	4	硫化物
5	1.57	97.6	23.3	18.8	7	氣	5	硫化物

表5：二氧化氯劑量對MIB去除效果之影響 (reaction time : 10 min)

Applied dose (mg/L)	Utilized ClO <sub>2</sub> (mg/L)	MIB (ng/L)	Removal rate (%)	Removed (ng MIB/mg ClO <sub>2</sub> )	Sample Only		Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> added	
					intensity (TON)	odor character	intensity (TON)	odor character
0	0	91.9	0	0	4	土霉	4	土霉
0.1	<b>0.10</b>	81.8	11.1	101	3	土霉	3	土霉
0.5	<b>0.10</b>	65.6	28.6	275	2	土霉	3	硫化物
1	<b>0.10</b>	57.4	37.5	<b>345</b>	2	土霉	3	硫化物
5	1.28	47.3	28.0	35	3+2	氣+土霉	6	硫化物

本試驗另分別以1與0.02 mg/L二劑量探討高、低劑量隨時間對GSM或2-MIB之去除效果，此二劑量乃根據本節第一部份之劑量試驗結果而定，其中1 mg/L為有效劑量（單位處理量最高），而0.02 mg/L則約為可達50 mg/L去除效果之最低劑量（以耗用量估算而得），兩者反應效果之比較，結果如圖3所示。結果發現，對GSM而言兩者的差異並不大，亦即多添加之二氧化氯對GSM之去除上並無助益，此與先前表4之結果推論相符。然對2-MIB而言，在前3 min之反應上，0.02 mg/L之劑量所造成的降解量反較1 mg/L大，但5 min時1 mg/L則出現較大之降解量。如將前3 min之結果與先前表5之劑量大反應機

會高之結果比較，顯然相互違背，對此作者推測可能在反應初期，較高劑量濃度（1 mg/L）之二氧化氯中之部分劑量會與初期先行氧化生成之中間產物反應，而無法與2-MIB進行反應分解，待中間產物與2-MIB之相對濃度降低時，剩餘高濃度之二氧化氯方有機會再與2-MIB進行反應，此亦可以由五分鐘後較長氧化時間之結果中，仍以1 mg/L之劑量擁有較高之降解量加以證實，相對地劑量為0.02 mg/L對2-MIB之氧化則已於2 min時趨於平衡（或完成）。綜合比較GSM與2-MIB，此結果可推論相較於各自之中間產物，2-MIB比GSM較有抵抗競爭之能力。

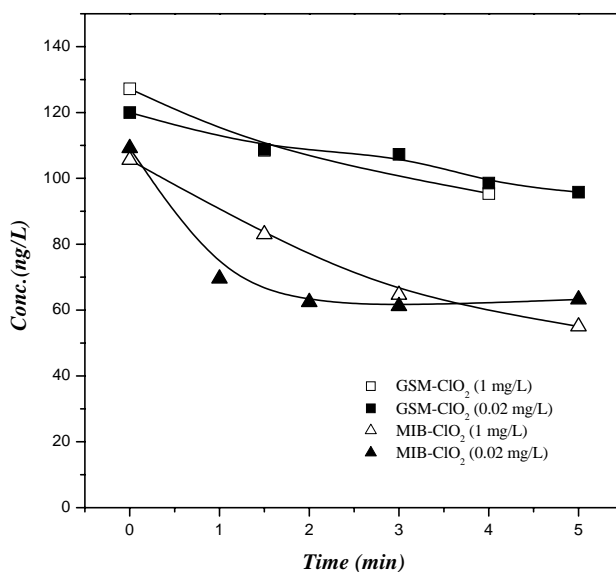


圖3 不同反應劑量對二氧化氯氧化 GSM 或 MIB 之影響

如前所敘本研究之結果與先前 Lalezary 等 (1986) 之研究結論有所不同, 在此亦將其結果與本研究進行比較討論 (如表6所示)。首先就每單位二氧化氯氧化 GSM 之差異比較, 每一劑量下本研究所達之單位處理量皆低於 Lalezary 等之研究, 但 2-MIB 卻有相近之去除效果。仔細探究兩者之反應條件差異乃在於反應時間、初始濃度與反應溫度等, 之前結果已說明反應大多已於 10 min 內趨於平衡, 故可先行排除時間差異所造成之影響。其次反應溫度亦因 Lalezary 等未載明無法瞭解其對反應速度之影響, 故推測初始濃度為造成此結果相異之可能主因。若上述之推

論成立, 則當提高初始濃度至 200 ng/L 時, 本研究相較於 Lalezary 等之研究結果, 將可能為對 GSM 之去除效果兩者相當, 而對 2-MIB 而言, 本研究之去除效果勢必大於 Lalezary 等之研究, 然此推論之證實與其導致原因仍有待進一步之試驗加以確認。雖兩研究之結果有所不同, 但整體而言皆顯示, 提高劑量對與單位氧化劑去除效果之助益並非絕對正面, 由於 Lalezary 等之研究反應時間長達 16 hr, 故假設其氧化劑已完全反應, 結果亦僅能將 GSM 或 2-MIB 氧化至某一程度, 可見高劑量之氧化劑並未貢獻在分解 GSM 或 2-MIB 上, 可能多被中間產物所競爭消耗。

表6：本研究結果與 Lalezary et. al (1986) 之研究比較探討

	Lalezary et. al (1986)		This research	
Initial conc. (ng/L)	200		90~120	
Reaction time	16 hr		10 min	
Temp.	unknown		25 °C	
Applied dose (mg/L)	Removal Capacity (ng/mgClO <sub>2</sub> )			
	GSM	MIB	GSM	MIB
0.1	--	--	22	101
0.5	70	50	--	52.6
1	<b>55</b>	25	<b>25.2</b>	34.5
5	<b>22</b>	8	<b>5.92</b>	8.92

## (二) GSM、2-MIB 初始濃度對反應之影響

由 (一) 所得之結果得知反應物之初始濃度可能對其降解量構成影響, 故於本

節乃使用初始濃度分別約為 200 與 100 ng/L 與 0.02 mg/L 之二氧化氯進行試驗, 結果如圖 4 所示。對 GSM 而言, 當初始濃度為 207 ng/L 時, 以 0.02 mg/L 之二氧化氯氧化後約去除 48 ng/L, 相較於初始濃度 120

ng/L時去除20 ng/L，明顯發現在相同之二氧化氯添加量及反應時間下，具較高的初始濃度者卻出現較高之去除量，而此現象亦同時發生於2-MIB（196 ng/L去除約100 ng/L；109 ng/L去除 46 ng/L），因此不論是GSM或2-MIB，其初始濃度對反應結果確實存在著很大之影響。另如以每單

位氧化劑所能氧化去除量比較之（圖5、圖6），即可發現當 $\frac{[reactor]}{[oxidant]}$ 之重量比比值愈大，反應出水中GSM、2-MIB之含量愈低，亦即當水中GSM、2-MIB之含量愈低時，以二氧化氯方法進行氧化去除之效益愈低。

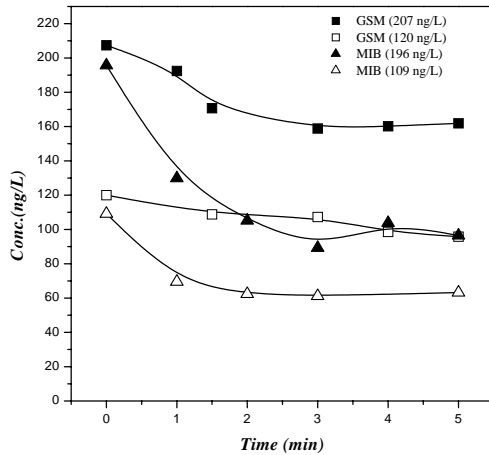


圖4 初始濃度對二氧化氯氧化 GSM 或 MIB之影響

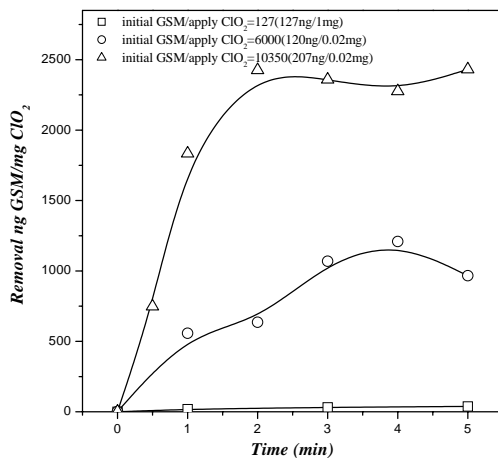


圖5 初始濃度與劑量比對二氧化氯氧化 GSM 之影響

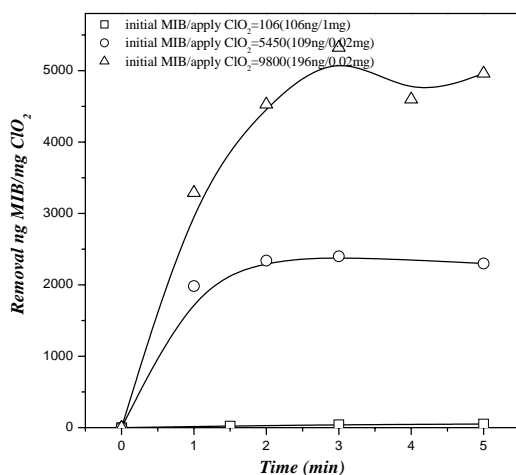


圖6 初始濃度與劑量比對二氧化氯氧化 MIB之影響

### (三) 實際原水應用之探討

本節研究所採汲鳳山淨水廠與豐原淨水廠試驗時之背景水質如表7所示。兩水域皆曾有臭味問題，然因值土臭味較不明

顯時期，故檢測原水中無GSM與2-MIB之存在，改以添加標準品各100 ng/L進行本節之研究。

表7：鳳山淨水廠與豐原淨水廠之原水基本水質

	FengShan reservoir	DaJia stream
Date	90/5/24	90/5/23
pH	7.49	8.09
Turbidity (NTU)	3.70	6.90
NPDOC (mg/L)	3.36	2.38
UV-254	0.077	0.054
Alk (mg/L)	187	88
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	1.33	0.18
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0.39	0.05
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1.60	3.12
GSM (ng/L)	ND	ND
MIB (ng/L)	ND	ND

※ 採樣前(5/23)逢大雨，故導致大甲溪水質濁度偏高，故已先行過濾

兩原水添加GSM或2-MIB後，以0.1、1、5 mg/L之二氧化氯進行氧化處理，經反應10 min後，除分析GSM之殘餘濃度外，亦對TOC與UV<sub>254</sub>兩重要水質指標作定量，藉以輔助討論二氧化氯之氧化作用對象。

GSM與2-MIB被氧化去除結果如圖7與圖8所示，圖中以去離水為原水之結果乃試驗對照組，用以比較在無任何有機物存在競爭下之狀況。由兩圖中實際原水氧化後臭味值均高於去離水可知，不論鳳山或是大甲溪其原水中之有機物均對GSM與2-MIB產生競爭氧化，其中又以大甲溪之影響較大。此影響可由其氧化前後NPDOC與UV<sub>254</sub>之變化得知（如表8與表9所示），相較此二表可看出兩原水中之NPDOC變化並不大，但大甲溪水樣中之UV<sub>254</sub>有隨二氧化氯劑量增加而出現明顯

之降低，顯然大甲溪中構成UV<sub>254</sub>之有機物對二氧化氯氧化GSM與2-MIB產生競爭影響，而鳳山水庫水質則較無影響。換而言之，鳳山水庫水中可能含相較於GSM或2-MIB更難被氧化分解之物質存在，故其對於GSM或2-MIB與二氧化氯之反應較無競爭能力。李氏（1998）與劉氏（2002）曾分別對大甲溪與鳳山水質進行有機物分佈之研究；李氏指出大甲溪中之有機質以疏水性所佔比例較多，親水性較少；劉氏則發現鳳山水庫有機組成正與大甲溪相反，以親水性較多疏水性較少。疏水性有機質中乃以腐植酸、磺酸等為主，其所含之不飽和鍵較多較不穩定而易被氧化攻擊，此正可說明何以大甲溪之UV<sub>254</sub>有較明顯之降低。總而言之，原水中存在之有機物型態會影響二氧化氯氧化GSM與2-MIB之效果。

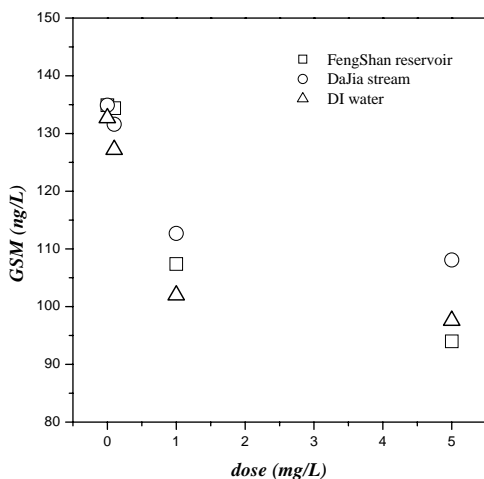


圖7 GSM添加至原水試驗濃度降解圖

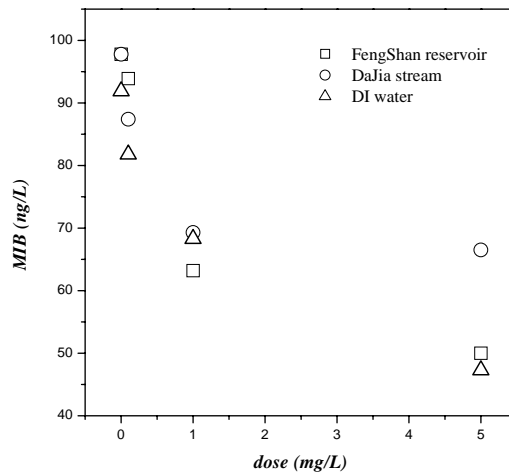


圖8 MIB添加至原水試驗濃度降解圖

表8：添加GSM之兩淨水廠原水與二氧化氯反應之有機參數變化

淨水廠	鳳山水庫		大甲溪		
	Dose(mg/L)	NPDOC	UV254	NPDOC	UV254
0		3.36	0.077	2.38	0.054
0.1		3.81	0.092	2.50	0.057
1		3.65	0.087	2.53	0.045
5		3.60	0.074	2.30	0.038

表9：添加MIB之兩淨水廠原水與二氧化氯反應之有機參數變化

淨水廠	鳳山水庫		大甲溪		
	Dose(mg/L)	NPDOC	UV254	NPDOC	UV254
0		3.36	0.077	2.38	0.054
0.1		3.41	0.077	2.40	0.058
1		3.32	0.073	2.37	0.049
5		3.49	0.064	2.34	0.040

## 七、結論

由本研究結果得知以1mg/L之二氧化氯可於十分鐘內將原水中含量約100~120ng/L之GSM或2-MIB臭味物質氧化至50 ng/L左右，更高之劑量或氧化時間亦無法提高其去除量。不論是GSM或2-MIB，其初始濃度對反應結果確實存在著很大之影響，以每單位二氧化氯所能氧化去除量比較則可發現當臭味量與二氧化氯劑量比比值愈大，反應出水中GSM、2-MIB之含量愈低，亦即當水中GSM、2-MIB之含量愈低時，以二氧化氯方法進行氧化去除之效益愈低。此外，原水中存在之有機物型態會影響二氧化氯氧化GSM與2-MIB之效果。大甲溪原水中構成UV<sub>254</sub>之疏水性有機物對二氧化氯氧化GSM與2-MIB產生競爭影響，而鳳山水庫水質則因以親水性較多疏水性較少而較無影響。

## 八、參考文獻

- Amoore J. E. (1986) The chemistry and physiology of odor sensitivity. Jour. AWWA, MAR., pp.70-76.
- Atasi K. Z., Chen T., Huddleston J. I., Young C. C. and Suffet I. H. (Mel) (1999) Factor screening for ozonating the taste- and odor-causing compounds in source water at Detroit, USA. Wat. Sci. Tech., Vol. 40, No. 6, pp. 115-122.
- Dietrich A. M., Orr M. P., Gallagher D. L. and Hoehn R. C. (1992) Tastes and odors associated with chlorine dioxide. Jour. AWWA, JAN., pp.82-88.
- Froese K. L., Wolanski A. and Hrudey S. E. (1999) Factors governing odorous aldehyde formation as disinfection by-products in drinking water. Wat. Res., Vol. 32, No. 6, pp. 1355-1364.
- Glaze W. H., Schep R., Chauncey W., Ruth E. C., Zarnoch J. J., Aieta E. M., Tate C. H. and McGuire M. J. (1990) Evaluating oxidants for the removal of model taste and odor compounds from a municipal water supply. Jour. AWWA, MAY., pp.79-84.
- Gordon G.; Bubnis, B., (1999), Ozone and Chlorine Dioxide: Similar Chemistry and Measurement Issues. Ozone Science & Engineering, Vol. 21, pp.433-445.
- Gray. N.F., (1994) Drinking Water Quality Problems and Solutions, John Wiley & Sons Comp. pp149.
- Hoehn R. C., Dietrich A. M., Farmer W. S., Orr M. P., Lee R. G. Aieta E. M., Wood III D. W., and Gordon G. (1990) Household odors associated with the use of chlorine dioxide. Jour. AWWA, APR.,

pp.166-172.

Hu T. L. and Chiang P. C. (1996) Odorous compounds from a cyanobacterium in a water purification plant in Central Taiwan. *Wat. Res.*, Vol. 30, No. 10, pp. 2522-2525.

Kim Y., Lee Y., Gee C. S. and Choi E. (1997) Treatment of taste and odor causing substances in drinking water. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 8, pp. 29-36.

Lalezary S., Pirbazari M., and McGuire M. J. (1986) Oxidation of five earthy-musty taste and odor compounds. *Jour. AWWA, MAR.*, pp.62-69.

Lloyd S. W., Lea J. M., Zimba P. V. and Grimm C. C. (1998) Rapid analysis of geosmin and 2-methylisoborneol in water using solid phase micro extraction procedures. *Wat. Res.*, Vol. 32, No. 7, pp. 2140-2146.

Nerenberg R., Rittmann B. E., Soucie W. J. (2000) Ozone/biofiltration for removing MIB and geosmin. *Jour. AWWA, DEC.*, pp.85-94.

Suffet I. H., Mallevalle J., and Kawczynski E. (1995) Advances in Taste-and-Odor Treatment and Control.

Watson S. B., Brownlee B., Satchwill T. and Hargesheimer E. E. (2000)

Quantitative analysis of trace levels of geosmin and MIB in source and drinking water using headspace SPME. *Wat. Res.*, Vol. 34, No. 10, pp. 2818-2828.

胡苔莉，蔣本基（1993）「自製 CLSA 分析淨水廠之異臭物」，第十屆自來水論文集，pp. 9-1~9-10。

陳重男，張家源，陳俊明，翁玉芬（1993）「高級處理對水中微量有機物去除效能評估：子題（二）自來水中有機異臭味物質去除之研究」，行政院環保署（EPA-82-E3-J1-09-03），6月。

翁玉芬（1993）「水中超微量異臭味物質 Geosmin 之分析及去除」，碩士論文，交通大學，新竹。

葉宣顯等（1999）「澄清湖高級淨水處理模型廠試驗研究（第一年）」，台灣省自來水公司委託計畫。

葉宣顯等（2001）「澄清湖高級淨水處理模型廠試驗研究（第二年）」，台灣省自來水公司委託計畫。

高小萍（1998）「水中異臭味物質的分析」，碩士論文，成功大學，台南。

汪俊育（2000）「南台灣代表性水源地臭味問題之研究」，碩士論文，成功大學，台南。

汪俊育，林財富（2000）「以嗅覺層次分析法及固相微萃取法分析水中異臭味」，第十七屆自來水研究發表會報告

集，pp. 39 ~ 48。

汪俊育，林財富（2000）「鳳山與港西淨水場臭味問題之研究」，第十七屆自來水論文集，pp. 49~65。

林財富（2001）「臭味控制技術介紹」，自來水公司水處理技術實務訓練班臭味控制技術講義。

李俊德，陳是瑩，王月花，鄭明蕊，李明輝（1985）「澄清湖水源臭味控制方法之研究」，國立成功大學環境工程研究報告第45號。

李福順（1998）「大甲溪流域及其下游豐原淨水廠水體中有機性消毒副產物前驅物質分布特性之研究」，碩士論文，東海大學，台中。

楊惠玲（2002）「以二氧化氯對Geosmin與2-MIB氧化去除之研究」，碩士論文，逢甲大學，台中。

劉彭譽（2002）「臭氧結合傳統程序控制鳳山水庫原水消毒副產物生成之研究」，碩士論文，逢甲大學，台中。

# 台灣北部地區嚴重枯旱供水因應措施

謝啓男\*

## 壹、前言

台灣北部地區自2001年10月至2002年5月降雨量明顯不足，致河川流量銳減，水庫蓄水位降低，造成民生用水、工業用水、農業灌溉等各標的用水吃緊，經採取各項因應措施減少由水庫取水，以延長待雨期，終至2002年7月6日『雷馬遜』颱風帶來大量降雨，始解除北台灣地區枯旱限水限制，恢復正常供水。

## 貳、台水公司供水範圍及經營概況

台灣地區的自來水事業經營，台北市由台北自來水事業處（以下簡稱北水處）供應外，餘由台水公司所隸屬之12個區管理處供應之，台水公司目前計有220個供水系統。依2001年底統計資料顯示，其水源取水量以水庫水為最大，每日約574萬噸（佔69.83%），地下水取水量次之，每日約為140萬噸（佔16.97%），地面水再次之，每日約107萬噸（13.01%），詳如表一，台水公司經營概況詳如表二。

## 參、台灣地區水文收支概況

一、台灣地區長期平均水資源運用狀況如圖一，是依1989年到1998年十年間統計資料得知，台灣地區年平均降雨量為891.54億噸，全年平均之總用水量為181.26億噸，其中農業用水137.06億噸（佔75.62%），生活用水27.03億噸（佔14.91%），工業用水17.17億噸（佔9.47%），這些用水量取自水庫的約42.57億噸，取自河川的約75.88億噸，取自地下水的約62.81億噸，然地下水之入滲量全年僅約40億噸，因此地下水已超抽22.81億噸。歷年各標的用水情形如表三。

以1999年為例，各標的用水按區域概分如表四、五、六，農業用水以中部48.93億噸為最多；生活用水以北區16.41億噸為最多；工業用水則以南區7.25億噸為最多。

二、台灣地區年平均降雨量約2,510公厘，就總量而言屬於豐水地區，惟人口密度高，平均每人每年可分配水量

\*台灣省自來水公司副總經理

僅為世界平均值的六分之一。雖然年平均逕流量約為634.9億噸，豐水期（5月-10月）占全年77%，枯水期（10月-4月）僅占全年23%，因降雨季節與地區分布極為不均，豐枯水期明顯，河川流量變化甚大。

三、台灣地區水資源從豐枯水期水量之分配而言，北部區域的豐枯期水量比為6：4，中部區域為8：2，南部區域為9：1，東部區域為8：2；顯示台灣地區之中、南、東區之水量過於集中在豐水期，因此台灣地區若發生水文水量減少的現象，將易造成乾旱。

四、有關台灣地區乾旱特性之研究，北部區域之乾旱平均週期為9年；中部區域之乾旱平均週期為10年；南部區域之乾旱平均週期為11年；東部區域之乾旱平均週期為9年，均顯示出台灣地區發生乾旱現象的機率相當高。在豐枯水期懸殊的水文條件下，造成水資源利用的困難。加上台灣地區河川坡陡流急，水資源的運用多須仰賴蓄水設施調配供應。目前台灣地區水庫有44座，總容量為27億立方公尺，有效容量為23億立方公尺。枯水期需由水庫調配水量達19.4億立方公尺，幾乎為有效庫容的84.3%，顯然的在豐水期結束時，水庫蓄水量若不足時，就很容易發生缺水的現象。若此時仍

須由水庫供應農業用水，則自來水的缺水勢必更加嚴重，而常須調配農業用水，因此，就整體水文收支來看，抗旱能力是存在的問題。

## 肆、台灣北部地區旱災前水文狀況：

### 一、北部地區主要供水系統

北部地區共有四主要供水系統，分別為基隆系統、板新系統、石門系統及新苗系統。由表一得知在2001年底，基隆系統需水量為每日45.89萬立方公尺，水源取自新山水庫、西勢水庫、翡翠水庫、基隆河及地下水，總合也是45.89萬立方公尺；板新系統需水量為每日93.57萬立方公尺，水源取自鳶山堰、石門水庫、翡翠水庫及地下水總合也是97萬立方公尺；新苗系統每日需水量為62.72萬立方公尺，水源取自寶山水庫、永和山水庫、鯉魚潭水庫、明德水庫、頭前溪及地下水，總合也是62.72萬立方公尺。整體而言，斯時北部地區主要供水系統，供需是平衡的。其中基隆地區每年10月至次年5月是豐水期，供水沒有問題，因此，以下僅就可能供水有問題的新竹系統及石門水庫供水區來說明。

### 二、水庫蓄水情形

(一) 台水公司所屬新竹地區水庫部分：

### 1. 永和山水庫

永和山水庫為公共給水單目標水庫，2001年12月底之有效蓄水量為1651.7萬噸，為近年同期之第4位；2002年1月底之有效蓄水量為1152.9萬噸，為近年同期之第4位。而且1996、2000年1月底曾低至800餘萬噸，但皆因各該年2月及3月期間降雨頗豐，水庫水位快速上升及頭前溪水量充沛而度過，其水文資料趨勢如圖二。

### 2. 寶山水庫

寶山水庫為公共給水單目標水庫，於2001年12月底之有效蓄水量為347.6萬噸，2002年1月底之有效蓄水量為202.7萬噸，尚比近年同時要多，況且歷年2月至3月降雨情形都很豐沛，估計3月中旬水位將會快速上升，其水文資料趨勢如圖三。

#### (二) 非台水公司所轄之石門水庫

石門水庫為兼具防洪、農業、發電、自來水等目標水庫，於2001年12月底之水位為235公尺，2002年1月底之水位為232公尺；截至2002年2月23日之水庫水位為225公尺，有效蓄水容量僅剩103,552,000立方公尺，以每日出水量180萬立方公尺計算，僅剩57天水庫即告罄，將嚴重影響民生、工業及農業用水，對經濟衝擊甚大，其運轉歷線如圖四。

### 三、降雨情形

依據新竹地區降雨量資料表（如圖五

所示），2002年1月及2月降雨量僅為歷年平均之31%，導致頭前溪河川流量銳減，水庫進流量減少；依據台北地區降雨量資料表（如圖六所示），2002年1月及2月降雨量僅為歷年平均之50%，導致石門水庫進流量持續下降。

## 伍、災害徵兆與處置作業

### 一、新竹地區

(一) 新竹地區永和山水庫及寶山水庫蓄水存量與歷年同期比較雖未降至最低水位，惟回顧往年氣象資料顯示並觀察自2002年開始其降雨量並不理想，永和山水庫及寶山水庫蓄存量顯然無法滿足需求，遂於2002年1月即緊急召開「乾旱期間供水檢討」相關會議並宣導民眾節約用水。

(二) 2002年2月新竹地區春耕即將開始，而頭前溪地表水嚴重不足，雖經加強供水區域內外調配下，仍然顯示不能滿足正常民生用水之需，乃研擬辦理頭前溪灌區休耕，移轉農業用水轉供自來水，遂於2002年3月1日宣布頭前溪灌區農地辦理休耕。由寶山水庫趨勢圖觀之，休耕後水庫水位開始快速上升，使得新竹地區解除危機，供水恢復正常。

### 二、石門水庫供水區

- (一) 石門水庫正常每日出水約需330萬(自來水150萬、灌溉用水180萬)。2001年年底，水庫水位雖非歷年同期最低，但降雨量明顯不足，加上春耕即將開始，若依計畫水量放水，將很快接近水庫嚴重下限，乃研擬辦理石門水庫灌區休耕，移轉農業用水轉供自來水，遂於2002年3月1日宣布石門灌區休耕及桃園灌區以七折供應，減少水庫每日50萬噸及38萬噸出水，合計石門水庫每日出水量減少88萬噸移供自來水使用。
- (二) 依據當時氣象預測分析未來2個月仍有降雨，並參考石門灌區休耕、桃園灌區打7折供應及水庫本身每日進流量等資料研判，應可確保梅雨季節來臨前民生用水量無虞。
- (三) 惟氣象預測降雨量與實際降雨量有相當偏差，造成石門水庫水位持續探底，故自3月12日起實施石門水庫供水區限制非民生必要用水，3月15日起桃園灌區改採4.6折供應，5月3日起桃園灌區全面停灌，同時實施石門水庫供水區夜間減壓減量供水措施，5月19日起採行每周1.5日全面停供方式減緩水庫出水。
- (四) 2002年5月下旬石門水庫水位僅197.7公尺，為歷年最低，恰因6月份西南氣流造成午後局部性降雨而稍有舒

緩，終至2002年7月5日中度「雷馬遜」颱風帶來豐沛降雨而全面解除自來水限水措施，並正常供應石門灌區二期稻作的灌溉用水。

- (五)各門水庫2002年1-7月之限水措施時程詳如表七。

## 陸、各階段限水計畫及亢旱配套措施

### 一、各階段限水計畫

#### (一) 第一階段

停止非生活必須用水(停止游泳池、噴水池、沖洗街道、水溝、路面、洗刷車輛、試放消防栓、露天屋頂消暑放流及其他不急要之用水)，以達成減少配水量5%為目標。

#### (二) 第二階段

實施夜間減壓減量供水，目標為再減少配水量之5%。

#### (三) 第三階段

採每週全區停水1.5日，於週六凌晨零時停水至翌日(周日)中午12時前恢復供水。如此之方案所造成之工業生產之衝擊最小，一般用戶之不方便性最低。

### 二、亢旱配套措施

#### (一) 成立緊急應變小組

成立「緊急應變小組」執行各項抗旱資訊傳遞、緊急事件處置相關事宜。

(二) 媒體、網路宣導

利用有線電視、網路、廣告車宣導節約用水與停水時間及臨時供水站地點，緊急載水地點（消防、醫療、工廠等用水）與聯絡人員等資料。

(三) 架設臨時供水站

架設臨時供水站（儲水桶約2~3噸），以避免管線末端與地勢較高之用戶發生無水可用窘境。

(四) 公告消防用水取水點

限水期間恐因火災需水滅火而無水源，準備消防用水之載水地點與抽水設備。

(五) 公告醫療用水取水地點

與當地之醫療院所溝通協調，了解其蓄水池之容量並準備醫療用水之取水地點與抽水設備。

(六) 公告工廠用水載水地點

與工業局協商了解工廠蓄水池之容量，並準備工廠用水之取水地點與抽水設備。

(七) 調用送水車

調用台水公司未受乾旱影響區管理處之送水車支援，以灌注臨時供水站之儲水桶。

(八) 調用水質檢驗設備車輛與人員

調用水質檢驗人員與設備車輛，增加檢驗頻率，加強淨水消毒機能及老舊社區復水後水質之監控，確保供水安全，同時

於復水時進行排水作業，確保管內水質符合標準。

(九) 調用調水人員

調用人員支援停水與復水閘栓之關閉與開啓時之順序與排氣等工作。

(十) 登錄用戶問題

針對用戶問題之電話紀錄分析，作為下一次停水工作之檢討。

(十一) 趕辦北水南調及南水北調工程

為減緩翡翠水庫與石門水庫原水量，緊急趕辦新山水庫供汐止工程及新竹二場北送支援桃園供水工程。

(十二) 加強水管檢修漏作業、區域供水系統調度支援。

(十三) 台水公司轄屬備用水井悉數啓用，全力投入應急營運。

(十四) 配合實施「人造雨」作業。

(十五) 每日新聞及報紙輿情追蹤與處理，針對必須澄清或加強說明部分發布新聞告知民衆。

三、石門水庫供水區亢旱期間（5月1日至7月5日）重要控管情形：

(一) 台水公司第二區管理處旱災緊急應變措施配水量對照，詳如表八。

(二) 台水公司第十二區管理處旱災緊急應變措施配水量對照，詳如表九。

(三) 台水公司第六次停復水時期載水、水車供水車次、水量暨用戶服務統計，

詳如表十。

(四)台水公司第六次停復水供水管制時程  
詳如表十一。

使用以上各項表報資料，目的在隨時掌握每日的供需，以及執行成果，做好目標管理。

## 柒、結論與建議

一、台灣地區降雨因時空之變化分布不均，然為使流域內水資源能最佳使用，滿足流域內各用水標的之需求，應將流域內水文資料模擬演算作為預警與分配，使乾旱發生機率降至最低。

二、本次旱象經積極努力採取各項具體措施來延長旱災時期之待雨期，終於在自助、人助及天助下渡過台灣歷年來最嚴重之乾旱期，相信此次亢旱經驗對未來供水之應變能力甚有助益，並可做為往後若發生旱災時有所依循。

備註：本文係於2002年8月下旬應中國西安市水電公司邀約所發表之報告。

## 捌、誌謝

今年3月~6月北台灣地區嚴重枯旱，在中央災害應變中心，即政務委員郭瑤琪指揮官的運籌領導，以及所有參與單位的協助下，尤其是廣大的自來水用戶們的體諒，地方政府的配合，雖然大家的壓力很

大，但解決公共給水的用心是一樣的，舉凡行政院研考會，中央氣象局、新聞局、農委會、石門水利會、桃園水利會、衛生署、消防署、經濟部、水利署、工業局、國營會、北區水資源局、北水處（在自身很艱難的情況下持續支援台水公司）……等等單位，千萬個感謝，一切均一一銘記在心。

承蒙陳志奕董事長、陳榮藏總經理的全面授權，得以順利調動總處相關單位，北辦處以及各區處人力、設備支援，在同仁們的任勞任怨、努力打拼下，顯露台水生命共同體的光輝。

也要感謝千佛山菩提寺智旭師父、華德禪寺如孟師父熱心祈雨法會，終於在自助、人助及天助下渡過台灣歷年來最嚴重的乾旱期，謹此誌謝。



表二 台水公司經營概況

項 目	1974 年	2001 年	增加額
配水量(萬立方公尺)	42,338	293,127	250789
售水量(萬立方公尺)	28,901	199,175	170274
供水人口數(萬人)	542	1640	1098
普及率(%)	41.03	88.68	47.65
水費收入(百萬元)	441	21,377	20,936

表三 各標的用水情形 (單位：億噸)

公元(年)	工業用水	生活用水	農業用水
1976	13.47	7.25	159.59
1977	13.81	8.09	164.07
1978	14.24	9.07	167.85
1979	14.40	9.87	162.50
1980	14.54	10.89	156.24
1981	14.67	14.66	159.02
1982	14.95	15.58	163.52
1983	15.15	16.44	159.32
1984	15.61	17.03	150.90
1985	15.64	18.25	150.13
1986	13.62	19.01	149.02
1987	14.10	20.06	148.27
1988	14.43	21.40	146.76
1989	14.74	22.64	149.74
1990	15.01	23.84	153.93
1991	16.28	24.83	135.53
1992	17.34	26.03	135.02
1993	16.85	27.71	126.51
1994	16.01	28.20	131.75
1995	16.26	27.47	144.64
1996	16.51	29.00	128.89
1997	16.85	29.13	135.06
1998	17.78	31.77	122.46
1999	17.23	30.96	120.52

表四 農業用水量統計

單位：億立方公尺

項 目	北 區	中 區	南 區	東 區	台灣地區
灌溉用水	20.03	42.57	17.52	24.11	104.23
養殖用水	0.44	5.92	8.24	0.52	15.12
畜牧用水	0.10	0.44	0.60	0.03	1.17
合 計	20.57	48.93	26.36	24.66	120.52

表五 生活用水量統計

單位：億立方公尺

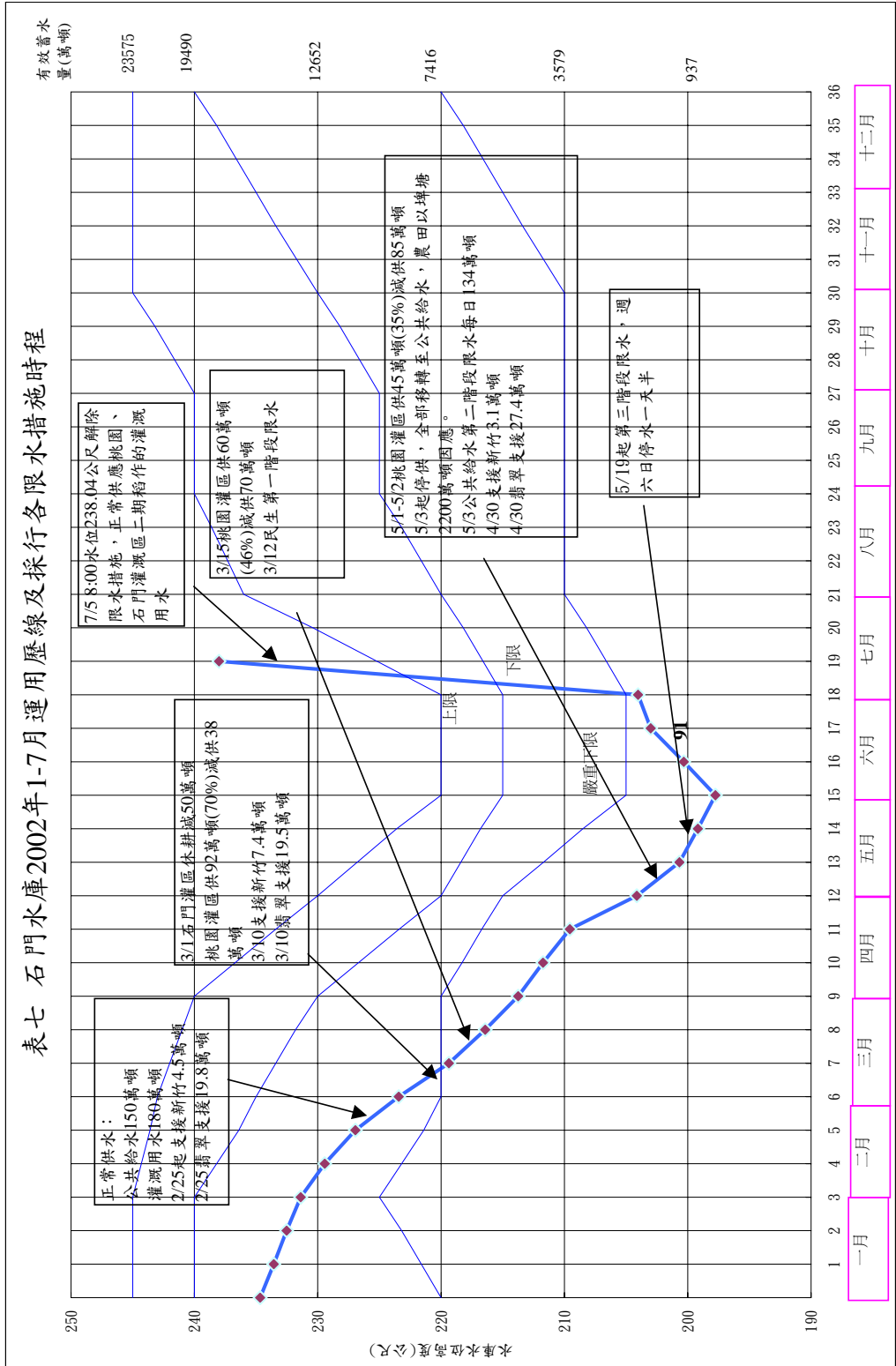
項 目	北 區	中 區	南 區	東 區	台灣地區
自來水	16.02	5.97	6.88	0.52	29.39
自行取水	0.39	0.61	0.47	0.10	1.57
合 計	16.41	6.58	7.35	0.62	30.96

表六 工業用水量統計

單位：億立方公尺

項 目	北 區	中 區	南 區	東 區	台灣地區
自來水	1.58	0.38	2.71	0.02	4.69
自行取水	3.75	3.67	4.54	0.58	12.54
合 計	5.33	4.05	7.25	0.60	17.23

表七 石門水庫2002年1-7月運用歷線及採行各限水措施時程



一月 二月 三月 四月 五月 六月 七月 八月 九月 十月 十一月 十二月

表八 第二區管理處旱災緊急應變措施配水量對照表

限水前			第一階段限水			第二階段限水			第三階段限水			備註
日期	配水量(M3)		日期	配水量(M3)		日期	配水量(M3)		日期	配水量(M3)		
	91 (1)	90 (2)		91 (3)	90 (4)		91 (5)	90 (6)		91 (7)	90 (8)	
3月1日	970,688	925,043	3月12日	912,489	904,647	5月3日	848,881	933,043	5月13日	839,026	933,145	
3月2日	936,548	912,651	3月13日	917,000	904,586	5月4日	908,900	941,459	5月14日	841,590	930,254	
3月3日	930,738	909,731	3月14日	912,726	952,355	5月5日	825,627	950,175	5月15日	826,723	949,886	
3月4日	924,249	898,492	3月15日	912,027	935,490	5月6日	868,956	925,816	5月16日	829,128	942,425	
3月5日	930,881	900,480	3月16日	915,073	933,106	5月7日	851,170	932,761	5月17日	802,437	968,309	
3月6日	923,523	914,368	3月17日	912,668	920,324	5月8日	844,012	927,338	5月18日	0	949,084	
3月7日	936,341	906,541	3月18日	912,980	896,347	5月9日	843,449	954,367	5月19日	421,434	935,468	
3月8日	946,598	911,258	3月19日	902,544	924,646	5月10日	840,184	917,107	5月20日	926,433	935,469	
3月9日	939,067	888,456	3月20日	916,658	925,258	5月11日	835,471	939,711	5月21日	887,119	934,528	
3月10日	969,775	932,483	3月21日	915,994	926,255	5月12日	833,668	937,637	5月22日	883,299	945,971	※修正
3月11日	926,188	904,810	3月22日	916,206	941,564	5月13日	839,026	933,145	5月23日	890,074	943,966	
			3月23日	916,559	938,355	5月14日	841,590	930,254	5月24日	872,250	936,822	
			3月24日	913,546	930,335	5月15日	826,723	949,886	5月25日	0	936,823	
			3月25日	920,029	918,028	5月16日	829,128	942,425	5月26日	822,138	953,750	
			3月26日	921,314	900,450	5月17日	802,437	968,309	5月27日	873,656	953,750	
			3月27日	919,890	920,696	5月18日			5月28日	882,559	912,443	
			3月28日	919,612	916,077	5月19日			5月29日	863,114	912,444	
			3月28日	925,522	899,384	5月20日			5月30日	832,655	912,445	
			3月30日	922,526	926,996	5月21日			5月31日	820,163	930,853	
			3月31日	913,298	923,610	5月22日			6月1日	0	925,393	
			4月1日	921,260	894,724	5月23日			6月2日	516,420	927,401	
			4月2日	922,845	896,404	5月24日			6月3日	893,839	897,530	
			4月3日	917,674	913,834	5月25日			6月4日	896,211	914,582	
			4月4日	915,201	893,741	5月26日			6月5日	896,759	933,274	
			4月5日	924,400	866,830	5月27日			6月6日	885,690	939,081	
			4月6日	923,567	866,926	5月28日			6月7日	880,614	959,333	
			4月7日	931,643	877,715	5月29日			6月8日	0	955,940	
			4月8日	910,423	870,539	5月30日			6月9日	874,581	927,966	
			4月9日	923,873	898,871	5月31日			6月10日	891,876	960,499	
			4月10日	918,227	907,065				6月11日	891,742	932,813	
			4月11日	919,912	905,750				6月12日	875,012	923,324	
			4月12日	928,851	917,867				6月13日			
			4月13日	915,242	910,049				6月14日			
			4月14日	923,323	907,402				6月15日			
			4月15日	915,563	910,714				6月16日			
			4月16日	908,588	899,770				6月17日			
			4月17日	915,506	899,743				6月18日			
			4月18日	912,605	911,644				6月19日			
			4月19日	921,990	934,630				6月20日			
			4月20日	914,148	911,372				6月21日			
			4月21日	870,978	930,790				6月22日			
			4月22日	829,347	895,004				6月23日			
			4月23日	878,976	927,026				6月24日			
			4月24日	904,725	928,068				6月25日			
			4月25日	918,327	929,304				6月26日			
			4月26日	916,480	935,782				6月27日			
			4月27日	922,845	925,701				6月28日			
			4月28日	895,108	752,102				6月29日			
			4月29日	885,143	937,986				6月30日			
			4月30日	887,843	955,379							
			5月1日	910,802	951,228							
			5月2日	901,903	937,885							
	939,509	909,483	平均	912,038	915,456	平均	837,880	938,896	平均	729,566	935,967	
				(3)-(1)=-27,471			(5)-(1)=-101,629			(7)-(1)=-209,943		
				減少比例=-2.92%			減少比例=-10.82%			減少比例=-22.35%		
				(3)-(4)=-3,418			(5)-(6)=-101,015			(7)-(8)=-206,401		
				減少比例=-0.37%			減少比例=-10.76%			減少比例=-22.05%		

由於91.06.10 0:00至91.06.02 12:00實施第四次第三階段限水。

表九 第十二區管理處旱災緊急應變措施配水量對照表

第一步驟限水前(1)			第二步驟限水(3)			第三步驟限水(4)			備註
日期	配水量(M3)	去年同期	日期	配水量(M3)	去年同期	日期	配水量(M3)	去年同期	
本年度3月12日以前配水量			5月3日	770,380	853,283	5月15日	715,700	852,812	
每日平均	835,000	855,028	5月4日	741,540	853,213	5月16日	715,880	852,796	
			5月5日	736,180	853,213	5月17日	745,330	852,803	
			5月6日	744,110	853,213	5月18日	227,490	852,812	
<b>第一步驟限水(2)</b>			5月7日	740,840	853,188	5月19日	517,210	852,812	
日期	配水量(M3)	去年同期	5月8日	728,300	853,174	5月20日	738,930	852,812	
3月12日	794,100	854,985	5月9日	723,430	853,157	5月21日	717,160	852,802	
3月13日	787,570	855,030	5月10日	725,860	853,136	5月22日	714,870	852,797	
3月14日	801,970	854,985	5月11日	724,310	853,142	5月23日	716,180	852,830	
3月15日	809,840	854,995	5月12日	710,800	853,142	5月24日	733,960	852,819	
3月16日	786,760	854,995	5月13日	725,120	853,142	5月25日	266,340	852,789	
3月17日	778,040	854,995	5月14日	716,760	852,807	5月26日	670,930	852,789	
3月18日	781,590	854,993				5月27日	729,290	852,789	
3月19日	779,310	854,985				5月28日	709,710	853,742	
3月20日	788,560	854,994				5月29日	723,950	852,827	
3月21日	800,910	854,981				5月30日	697,600	852,833	
3月22日	807,900	855,000				5月31日	742,200	852,851	
3月23日	794,640	855,000				6月1日	358,600	873,802	
3月24日	793,050	855,000				6月2日	715,230	873,602	
3月25日	783,260	855,026				6月3日	726,100	873,402	
3月26日	790,990	854,998				6月4日	713,650	686,997	
3月27日	788,840	853,745				6月5日	688,940	873,402	
3月28日	795,980	854,571				6月6日	716,300	873,502	
3月29日	791,750	853,931				6月7日	755,920	873,543	
3月30日	809,840	853,956				6月8日	329,570	873,443	
3月31日	746,960	841,954				6月9日	644,750	873,743	
4月1日	796,200	843,140				6月10日	724,080	873,343	
4月2日	829,690	843,094				6月11日	731,840	891,052	
4月3日	810,930	843,128				6月12日	715,910	908,902	
4月4日	820,440	843,128				6月13日			
4月5日	802,670	843,075				6月14日			
4月6日	802,440	843,075				6月15日			
4月7日	816,930	843,075				6月16日			
4月8日	821,870	843,093				6月17日			
4月9日	822,160	845,139				6月18日			
4月10日	823,280	843,088				6月19日			
4月11日	824,850	843,051				6月20日			
4月12日	797,000	843,060							
4月13日	836,940	843,060							
4月14日	831,210	843,060							
4月15日	829,310	843,024							
4月16日	836,000	842,977							
4月17日	848,480	842,989							
4月18日	826,230	843,009							
4月19日	826,830	843,013							
4月20日	827,790	843,013							
4月21日	827,680	843,013							
4月22日	834,080	842,989							
4月23日	828,550	843,051							
4月24日	842,870	842,949							
4月25日	818,140	842,981							
4月26日	817,710	842,995							
4月27日	824,240	842,995							
4月28日	830,840	842,995							
4月29日	847,210	842,977							
4月30日	791,250	853,196							
5月1日	800,880	853,196							
5月2日	789,800	853,310							
每日平均	809,545	847,943	每日平均	732,303	853,151	每日平均	651,849	856,809	
	-3.05%	-4.53%		-12.30%	-14.16%		-21.93%	-23.92%	
	與未限水前比較	與去年同期比較		與未限水前比較	與去年同期比較		與未限水前比較	與去年同期比較	

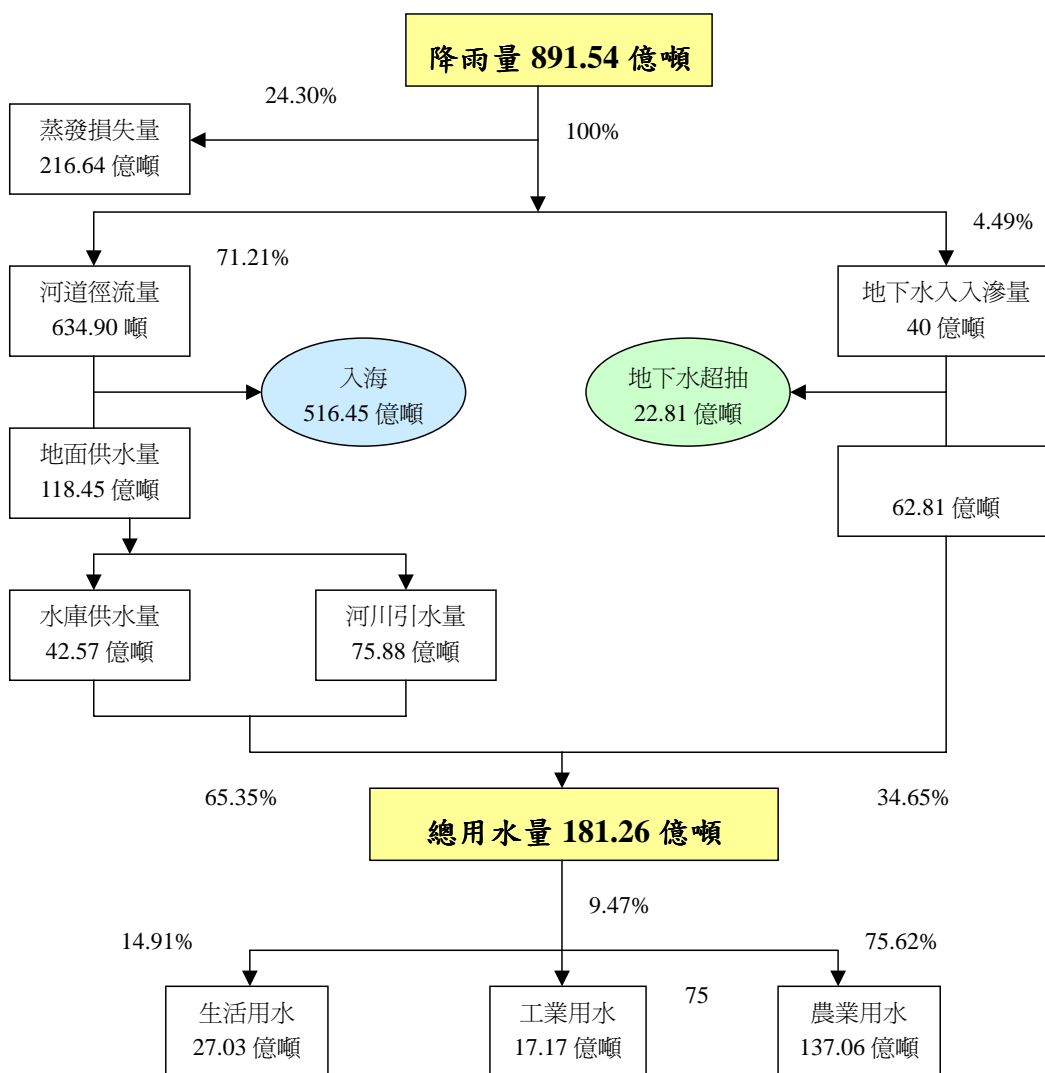
表十 載水站載水（買水）、水車供水車次、水量暨用戶服務  
（電話查詢、水質檢驗）等統計表

項目	二區						十二區										
	6月29號		6月30號		小計		6月29號		6月30號		小計						
	車次 (次)	水量 (噸)	車次 (次)	水量 (噸)	車次 (次)	水量 (噸)	車次 (次)	水量 (噸)	車次 (次)	水量 (噸)	車次 (次)						
工業用水	117	2,850	3	80	120	2,930	64	750.4	3	64	67						
醫療用水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
消防用水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
民生用水	6	28	2	12	8	40	19	39.5	13	38	32						
合計	123	2878	5	92	128	2970	83	789.9	16	102	99						
接聽服務電話次數(次)	198		215		418		0		0		0						
水質檢驗 檢驗地區	檢驗 件數	合格 件數	合格 率%	檢驗 件數	合格 件數	合格 率%	檢驗 件數	合格 件數	合格 率%	檢驗 件數	合格 件數	合格 率%	檢驗 件數	合格 件數	合格 率%		
	臨時供水站	32	32	100%	0	0	32	32	100%	33	33	100%	0	0	33	33	
供水區(老舊社區)	0	0	—	131	131	100%	131	131	100%	0	0	—	98	98	100%	98	98
合計	32	32	100%	131	131	100%	163	163	100%	33	33	100%	0	98	100%	131	131

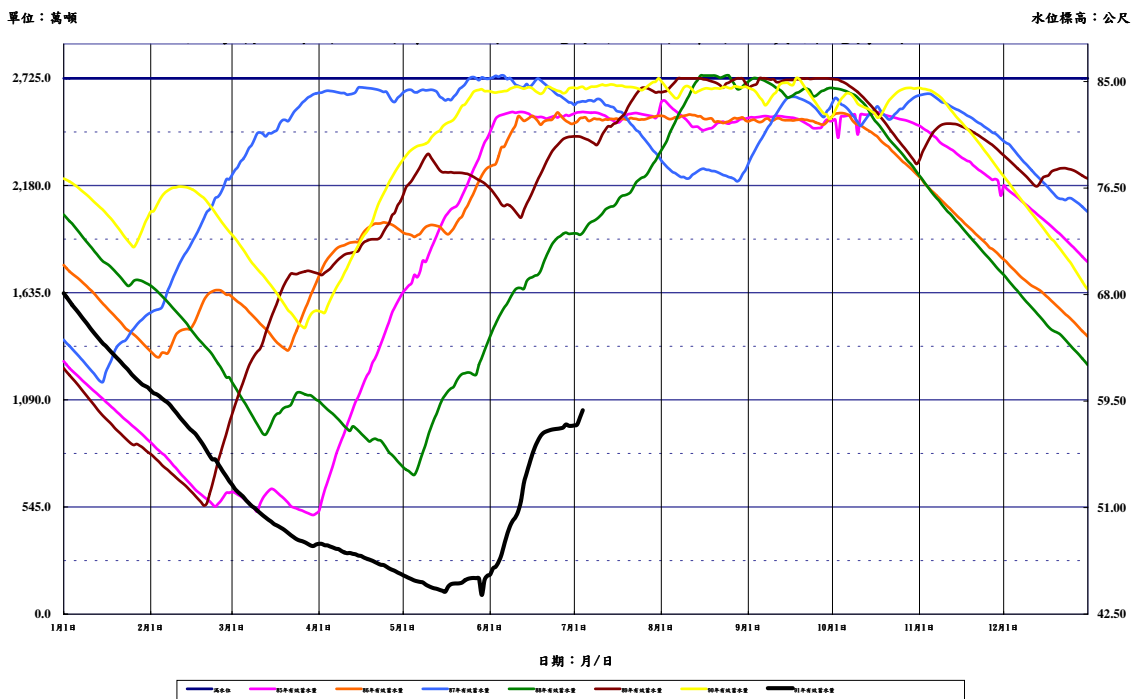
表十一 供水區恢復供水管制時程表

日期	時程	十二區處 總停水戶數	632, 357	時程	二區處 總停水戶數	574, 118	備註
		復水戶數	復水率%		復水戶數	復水率%	
6月30日	AM:12:00	630, 370	99.69%	AM:12:00	563, 773	98.20%	第二、十二區處均已於下午六時前全面恢復供水，水質經抽查檢驗無虞。
	PM:2:00	632, 357	100.00%	PM:2:00	568, 800	99.07%	
	PM:04:00	632, 357	100.00%	PM:04:00	573, 380	99.87%	
	PM:06:00	632, 357	100.00%	PM:06:00	574, 118	100.00%	
	PM:08:00			PM:08:00			
	PM:10:00			PM:10:00			

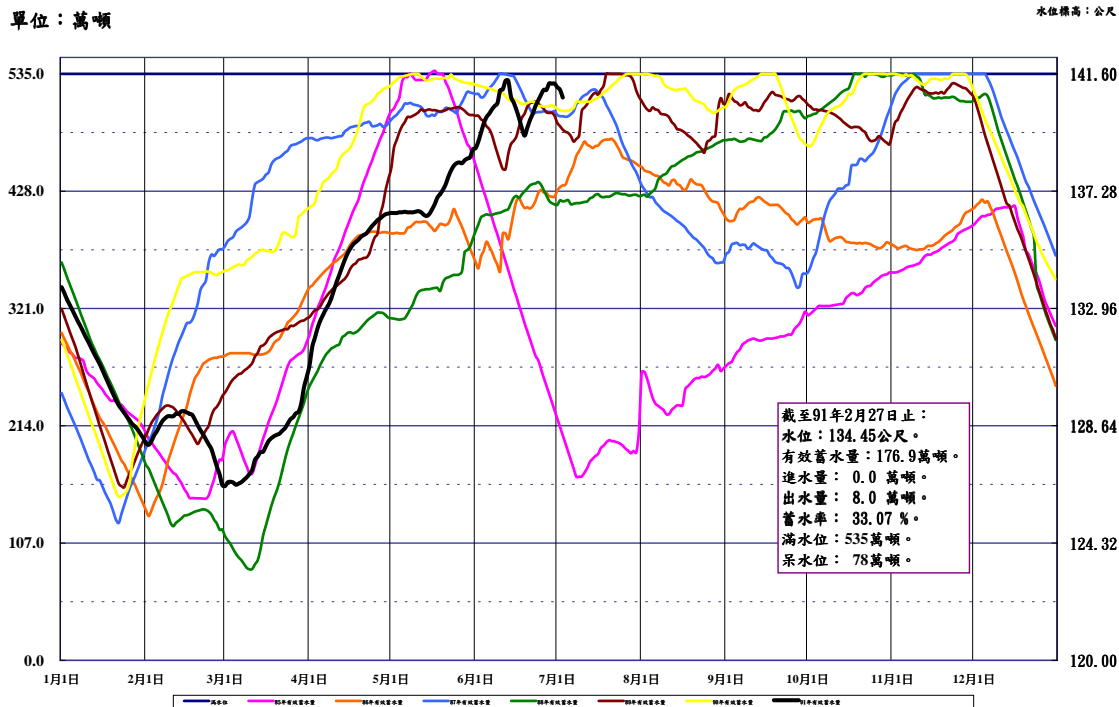
圖一 台灣地區長期平均水資源運用狀況（1989~1998年）



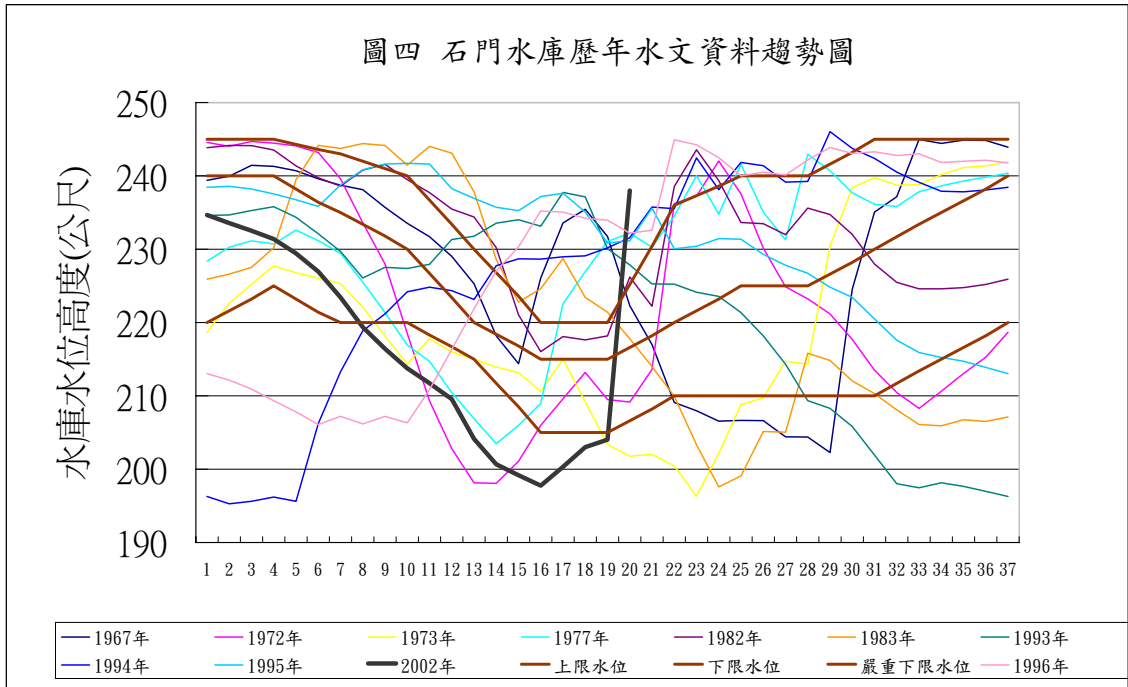
圖二 台灣省自來水公司第三區管理處永和山水庫水文資料趨勢圖



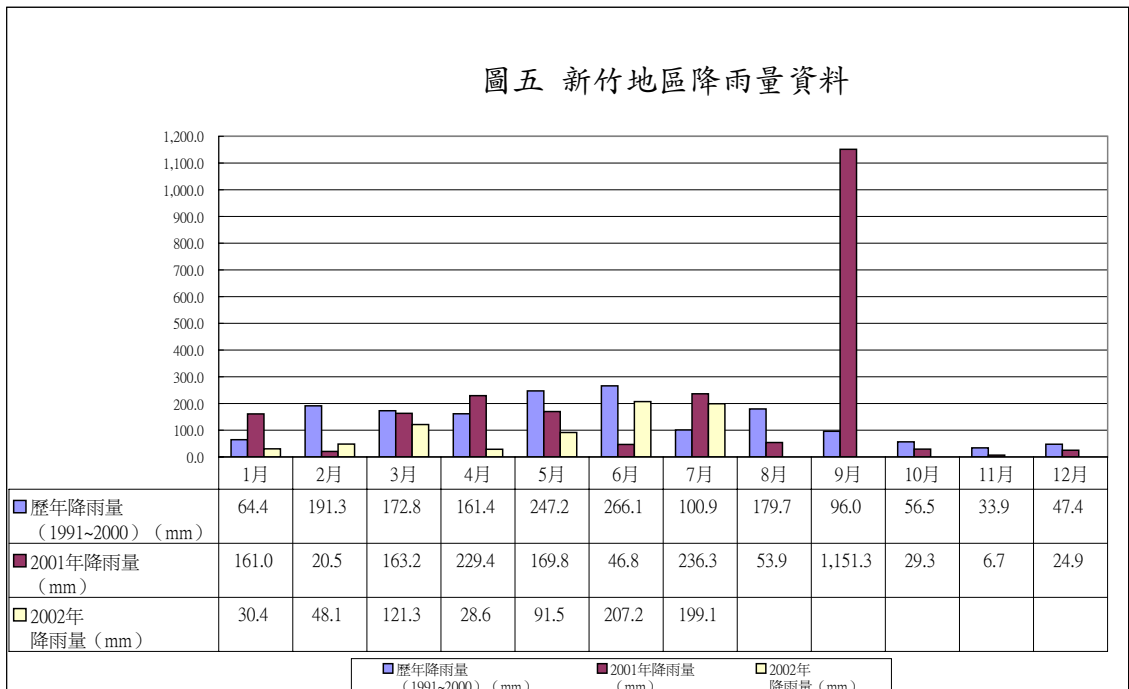
圖三 台灣省自來水公司第三區管理處寶山水庫水文資料趨勢圖



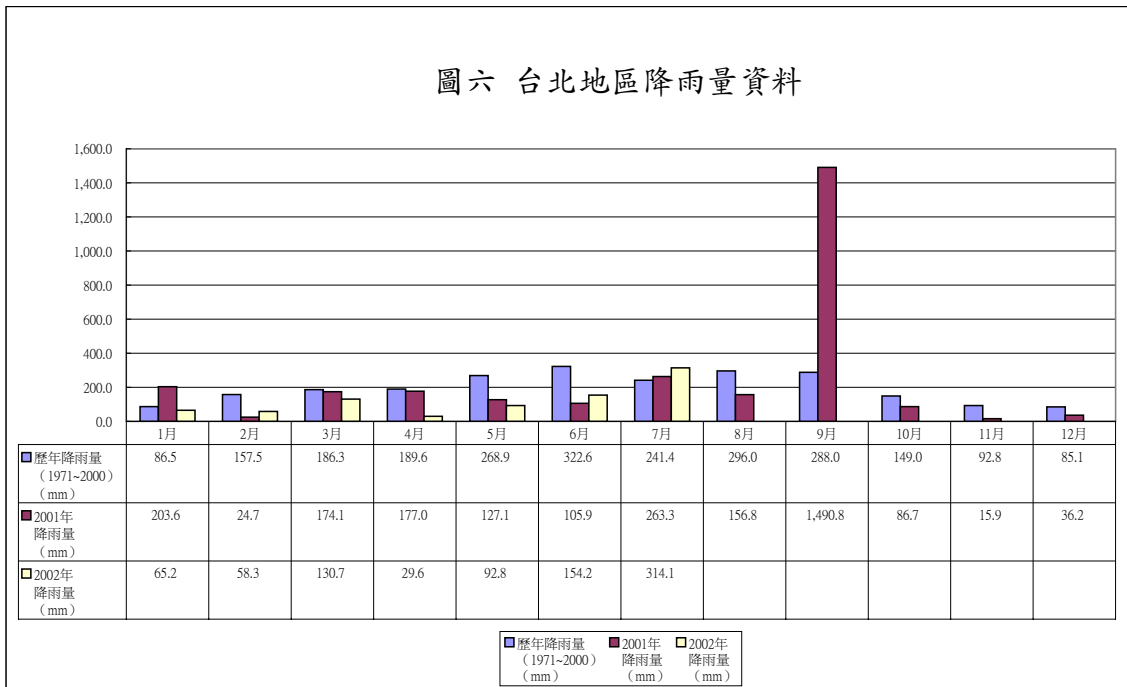
圖四 石門水庫歷年水文資料趨勢圖



圖五 新竹地區降雨量資料



圖六 台北地區降雨量資料



## 延性鑄鐵管通過斷層之設計原則

蔡錦松<sup>1</sup> 侯信宇<sup>2</sup>

### 摘要

本文旨在提出延性鑄鐵管通過斷層之設計原則，以使管線受斷層錯動的損害能減到最小程度。文中以數值模擬方式，針對不同管徑、管段長度的管線佈設方式，評估管線受斷層錯動損壞之區域。並提出管徑、管長、斷層錯動量三者與管線損壞範圍間關係之簡化圖表，可提供震災現場估計管線損壞範圍，加速搶修與復原工作。並以設計範例說明使用簡化圖表進行管線佈設方式之設計。結論指出，管徑較大能承受較大之斷層錯動量；選擇較短之管段長度可減小管線損壞的範圍。

關鍵字：延性鑄鐵管、斷層、接頭

### 一、前言

九二一地震時，車籠埔斷層錯斷 Ø2000 自來水輸水鋼管的案例 (Tsai, 2000)<sup>(1)</sup> 令人印象深刻，對於管線耐震設計方面，斷層錯動破壞的因素似乎再度引起重視。事實上，地下管線通過斷層帶的安全問題由來已久，自 1975 年以來即陸續有學

者投入研究，針對管線通過斷層之情況，發展出相關分析方法與管線設計準則。但相關之安全性分析，多針對如焊接鋼管之連續管線，例如 Newmark and Hall (1975)<sup>(2)</sup>，Kennedy et al. (1977)<sup>(3)</sup>，Wang and Yeh (1985)<sup>(4)</sup> 所提出之分析方法。

相對而言，關於接頭接合管線的研究則較少。Ford (1983)<sup>(5)</sup> 針對個別接頭的變形能力，預測整體管線的變形效果，作為接頭管線承受斷層錯動能力的簡易評估方式。但對於管線受斷層錯動造成的損壞範圍則無法估計，嚴重影響災後緊急搶修工作的效率。

國內自來水輸配水管線使用比例較高的延性鑄鐵管 (DIP)，其特色為以機械接頭接合各段管體，連結成為一長直管線以達到供水之目的。九二一地震中，亦有不少延性鑄鐵管線受地層錯動而破壞之災損案例 (王炳鑫, 2000)<sup>(6)</sup>。因此如何提高延性鑄鐵管線通過斷層之安全性，成為關注的焦點。

本文主要目的，在提出延性鑄鐵管通

1 國立成功大學土木工程學系教授

2 國立成功大學土木工程學系碩士

過斷層之設計原則，以降低管線受斷層錯動的損害程度。以數值模擬的方式，比較不同管徑、管段長度的管線佈設方式，受斷層錯動而損壞的區域。分析結果，期能提供迅速評估管線損壞範圍，以爭取災後搶修時效。進一步應用於管線佈設規劃，以降低管線通過斷層之損害程度。並由預估之受損程度，擬定防災對策，規劃搶修復原人員機具之配置調度，以及儲備修復零件。

## 二、數值分析

### 2.1 分析條件

本文以數值模擬方式，探討自來水管線中，以K型接頭接合之延性鑄鐵管線受逆斷層錯動之反應行為，特別是針對接頭部分的變形行為。分析中主要探討不同管徑、管長（接頭間距），以及斷層錯動量等因素，對於接頭部分變形的影響，進而決定管線受斷層錯動損壞之範圍。選擇的分析對象有200 mm、600 mm、1000 mm、2000 mm等四種不同管徑，管體斷面尺寸與材料性質根據CNS（1998）<sup>⑦</sup>規定。管長方面，除分析現用管長4m、5m、6m三種之外，另分析2m、8m、10m管長對於抵抗斷層錯動之效果。K型接頭之最大伸長量以及容許伸長量與彎曲角則採用日本水道協會（1979, 1997）<sup>⑧、⑨</sup>規範

之建議值。

管線的埋設條件，參考「自來水管理設工程施工說明書」（台灣省自來水公司，1997）<sup>⑩</sup>之要求，管頂覆土須達1.2 m，且須以砂土確實回填夯實。分析中設定埋管覆土深度1 m，土壤單位重20 kN/M<sup>3</sup>，內摩擦角40°。至於管線遭受之斷層錯動量，考慮九二一地震中，車籠埔斷層最大垂直錯動量（近10m）為分析之最大斷層錯動量。

數值分析工具則以工程界常用的有限元素分析程式ANSYS（ANSYS Inc.）進行模擬計算。

### 2.2 基本假設

斷層錯動時的實際行為相當複雜，包括錯動的方位、傾角、錯動速率等因素，特別是於斷層線附近地表破裂型態，對於埋設於接近地表的管線之間的反應，更是難以掌握。故本文數值分析部分有以下基本假設。

地下管線為斷面積與長度之比相當小之線狀結構物，著重探討縱向變形行為，故考慮為二維度問題。斷層錯動位移量是造成管線變形之主要因素，分析中忽略管體自重與管內水壓的影響，採用靜力分析。理想化管線通過逆斷層之情況，距斷層錯動面無限遠處，管線與地層一起移動，無相對位移。則管線受逆斷層錯動之

變形，可視為沿斷層面成反對稱曲線，為求簡化問題，假設管線變形僅在垂直面上，分析時只考慮斷層面一側之管線變形行為。

### 2.3 分析模式

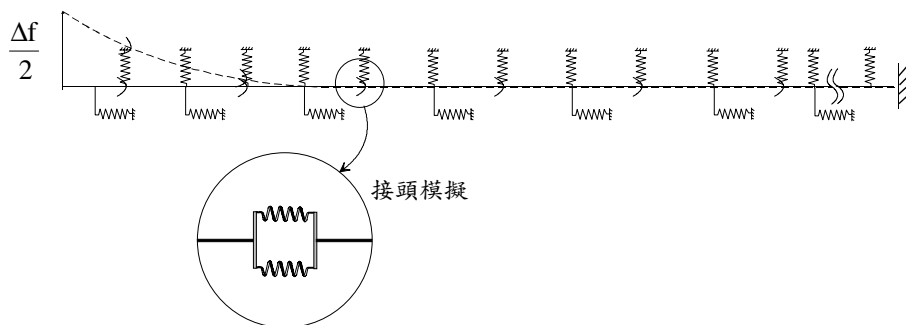


圖1 數值分析模型

#### (1) 管體模擬

分析著重在探討管線整體之變形行為，而不考慮管體橫斷面變形效應，故管體部分以二維樑元素模擬。

#### (2) 接頭模擬

接頭的勁度遠小於管體勁度，故可推論斷層錯動對管線之作用力多會直接由接頭受力變形所吸收。在此管線接頭，則結合其可伸縮彎曲的力學行為，以一組位移彈簧力偶（圖2）加以模擬。對於接頭軸向與撓曲的勁度，本研究現階段均採用線彈性模式來分析。

本文所建構之數值分析模式如圖1所示。模式中將實際上管線受斷層錯動的複雜行為與影響因素予以簡化，對於管體、接頭、土壤效應以及斷層錯動作用力等之模擬詳述如下。本文數值分析之相關參數詳列於表1。

#### (3) 管體—土壤互制效應模擬

斷層錯動時，管體與管線周圍土壤會產生相互之作用，而造成管體的受力與變形。針對管體與土壤間之互制效應，本文分別以彈塑性垂直位移與水平位移彈簧，模擬管線移動時，土壤垂直阻抗與摩擦阻抗的作用。

#### (4) 邊界條件

邊界條件方面，管線近斷層端為對稱邊界，給予一X方向（水平向）之束制，而以一Y方向（垂直向）之強制位移，作為斷層錯動施予管線之作用力，此位移為

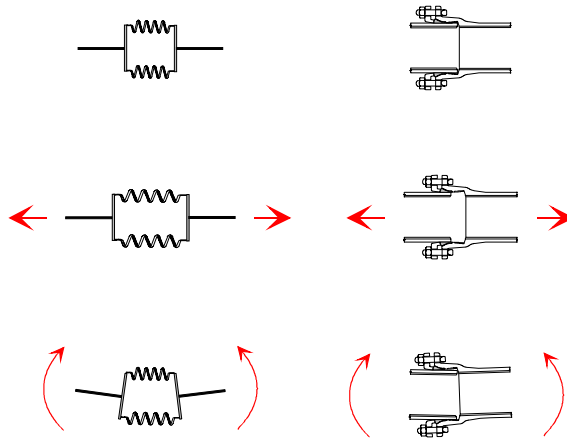


圖2 位移彈簧力偶模擬接頭

實際斷層位移量之半。而管線另一端為固定端，並經由反覆計算過程確定管線有足夠之分析長度，可排除邊界效應影響。

表1 數值分析參數

	D200	D600	D1000	D2000
標稱管徑 D (mm)	200	600	1000	2000
管厚(mm)	7.5	11	16.5	30.5
彈性模數 ( $kN/m^2$ )	$1.65 \times 10^8$			
斷面二次矩( $m^4$ )	$3.14 \times 10^{-5}$	$1.09 \times 10^{-3}$	$7.31 \times 10^{-3}$	$1.05 \times 10^{-1}$
接頭軸向勁度( $kN/m$ )	950	2850	4750	9500
接頭彎曲勁度( $kN-m/rad$ )	190	570	950	1900
接頭最大伸長量(mm)	40	64	72	105
接頭容許伸長量(mm)	20	33	38	51
接頭容許彎折角	5°00'	2°50'	1°50'	1°30'
土壤單位重( $kN/m^3$ )	20			
摩擦角	40°			
埋深比	5.5	2.17	1.5	1
管長 L (m)	2, 4, 5, 6, 8, 10			
位移量 U (cm)	25, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500			

## 2.4 分析結果與討論

### 2.4.1 管線破壞行為

斷層錯動小時，管線主要在斷層線上有垂直方向位移，因此管線變形主要反應在接近斷層線的接頭彎曲變形上。隨斷層錯動量逐漸增加，軸向上的位移漸增，管線變形會反應在接頭的伸長量上。當接頭彎折角或伸長量超過規定之容許值，接頭將喪失水密性，以此定義接頭破壞，則整體管線亦遭損壞。

以管徑2000 mm (D2000)、管長6m (L6) 之管線為例 (如圖3所示)，當施予之位移量為0.25 m (U025)，最接近斷層線之管線接頭 (距斷層6m處) 彎曲角大於容許彎曲角，即受撓曲彎折破壞。但當位移量為4 m (U400)，距斷層48 m內之管線接頭伸長量均大於容許伸長量，皆受拉伸破壞，但接頭彎曲破壞則止於距斷層18m處。可見隨斷層錯動量愈大，管線整體受到軸向拉伸作用逐漸增大，損壞範圍擴大，主要呈現接頭拉伸破壞型式。

### 2.4.2 管線損壞範圍比較

管線接頭破壞是以接頭彎折角或伸長量超過給定之容許值來定義，而距斷層最遠之接頭破壞位置即為管線損壞範圍。對於不同管長、管徑及斷層錯動量，均影響管線損壞範圍。以下就數值分析結果，針對這幾項因素進行探討。

### (1) 管長效應影響

由數值計算結果，整理出D200、D600、D1000、D2000等四組管徑之不同管長之垂直位移量—損壞範圍關係圖。如圖4所示，管長較短者，損壞範圍較近。而且對於愈大之斷層錯動量，管長呈現之差異性愈明顯。

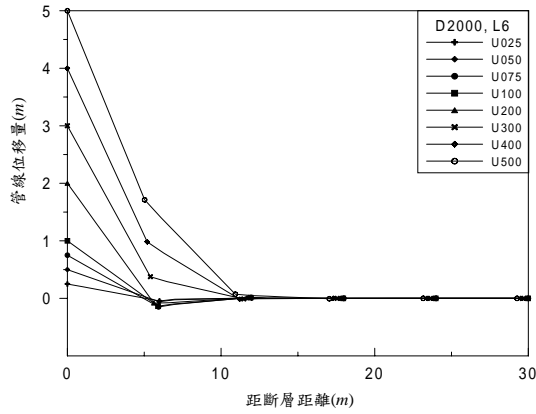
### (2) 管徑效應影響

對於不同管徑之影響，管徑小者，在錯動量小的情況下，損壞範圍相對較大 (如圖5)。但小管在斷層錯動較小的情況下，接頭即被完全拉脫，管線不再隨斷層繼續位移而變形。相對而言，大管須在斷層錯動大時，接頭才會被完全拉脫，致使在斷層錯動量大時，呈現管徑愈大，損壞範圍愈遠之現象。

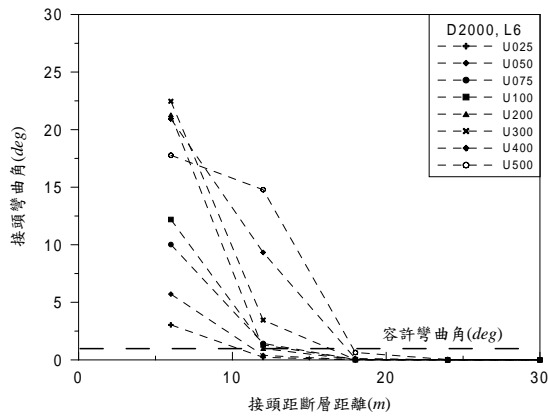
### (3) 斷層錯動量影響

圖4之結果顯示，斷層錯動在2m以下，即施予管線垂直位移在1m以下，管線損壞範圍均在距斷層線10m以內。由數值計算結果，斷層錯動量小，管線主要受到垂直向位移，主要使接頭產生彎曲變形破壞，此破壞發生在距離斷層最近之接頭位置，故管線損壞範圍幾乎為管長。

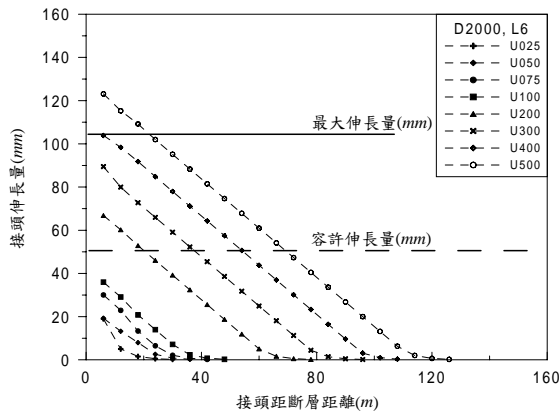
根據上述三點，管線受錯動之損壞範圍，是同時受到管徑、管長與錯動量之影響。如圖6所示，主要橫軸為管長，主要



(a) 管線變形曲線



(b) 接頭彎曲角度



(c) 接頭伸長量

圖3 D2000, L6分析結果

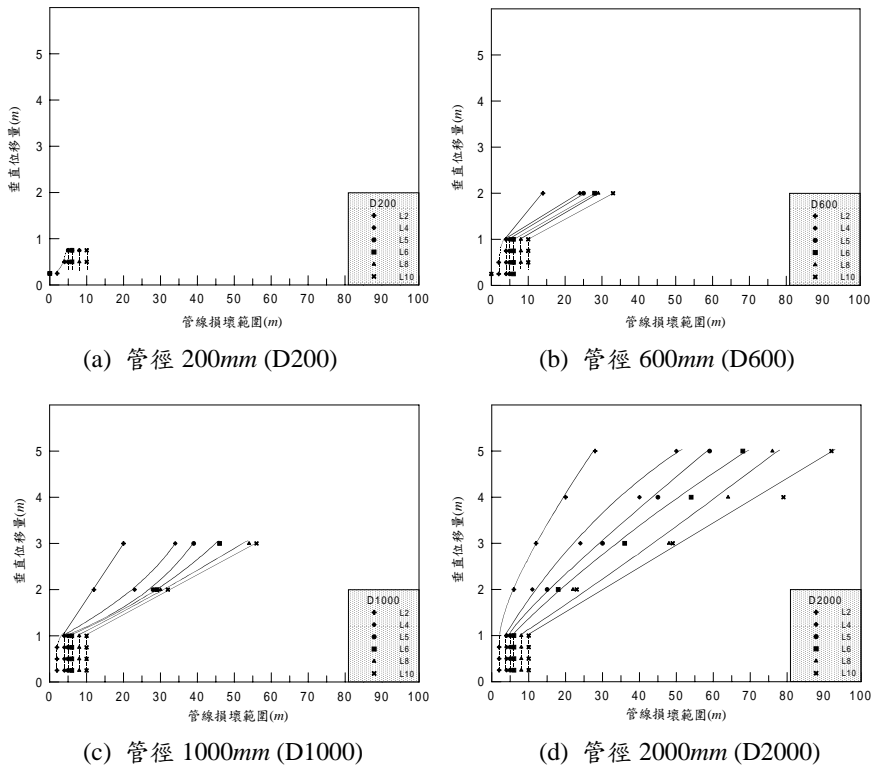


圖4 管長與破壞範圍關係圖

縱軸為管徑大小。以管長和管徑之交點與座標原點連線，為斷層錯動量表示軸。根據已知管徑、管長、錯動量與損壞範圍間之關連性，標定斷層錯動量。最後將資料點迴歸為一曲線，為等錯動量曲線。因此圖6可清楚呈現管徑、管長、斷層錯動量與管線損壞範圍之關係。

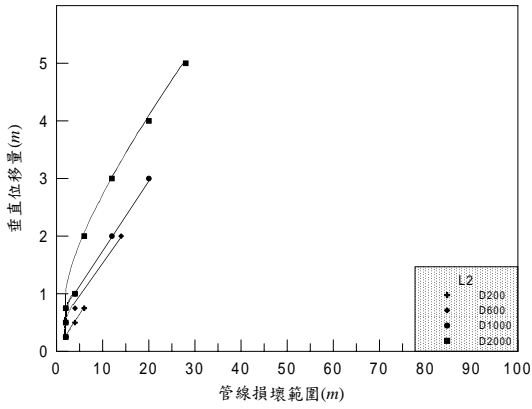
### 三、管線佈設原則

#### 3.1 設計規劃流程

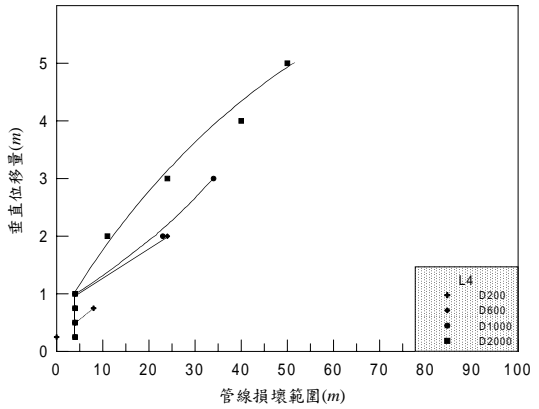
地下管線遭受活動斷層錯動，無可避免會受到破壞，針對通過斷層管線耐震設

計，規劃方面應朝向減小災損程度、提高震後搶修與復原時效的方向考量。本文主要以管線工程成本，作為管線設計規劃主要決定指標。

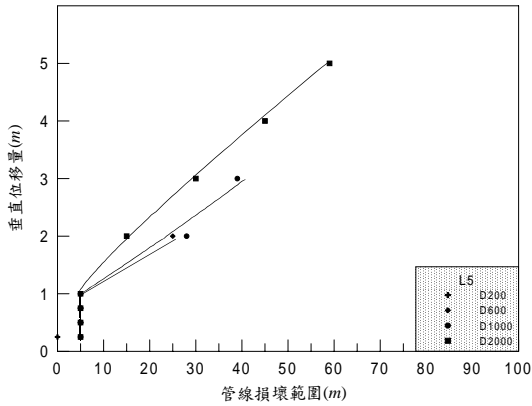
簡易分析管線工程的成本，可分為管溝挖填成本與管線裝接成本兩部分。管溝挖填成本，基本上與管徑大小及管線佈設長度有關，管徑愈大或管線佈設愈長，其管溝挖填成本愈高。至於管線裝接成本又可分為管體成本與接頭成本。管體成本與管徑大小有關，接頭成本則可包括材料與裝接施工的成本，亦與管徑大小有關。



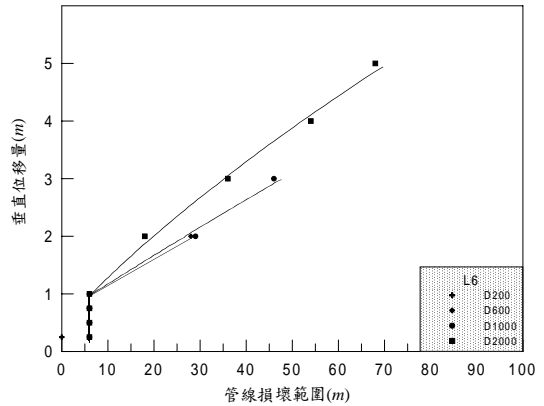
(a) 管長 2 m (L2)



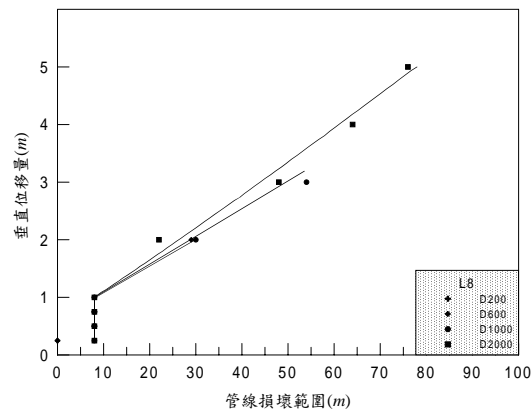
(b) 管長 4 m (L4)



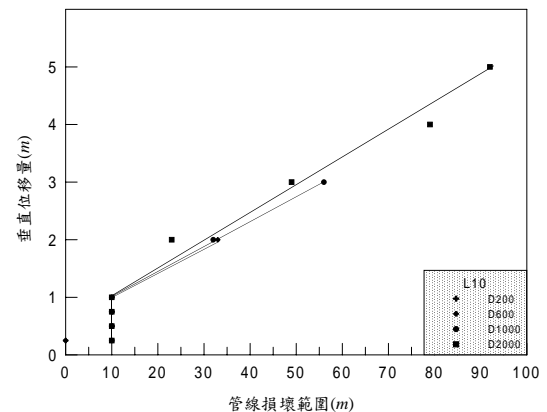
(c) 管長 5 m (L5)



(d) 管長 6 m (L6)



(e) 管長 8 m (L8)



(f) 管長 10 m (L10)

圖5 管徑與破壞範圍關係圖

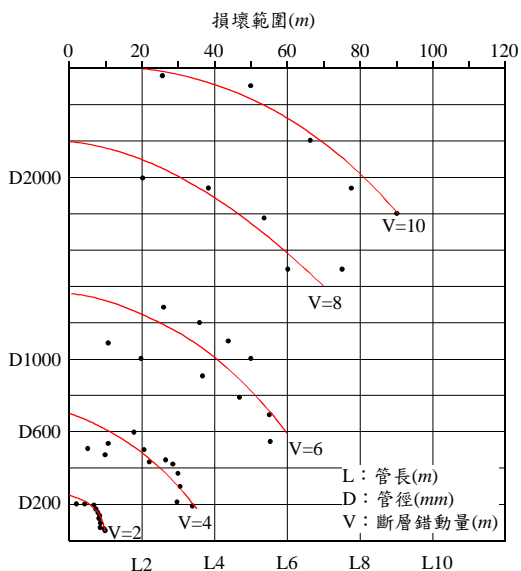


圖6 通過斷層管線破壞範圍關係圖

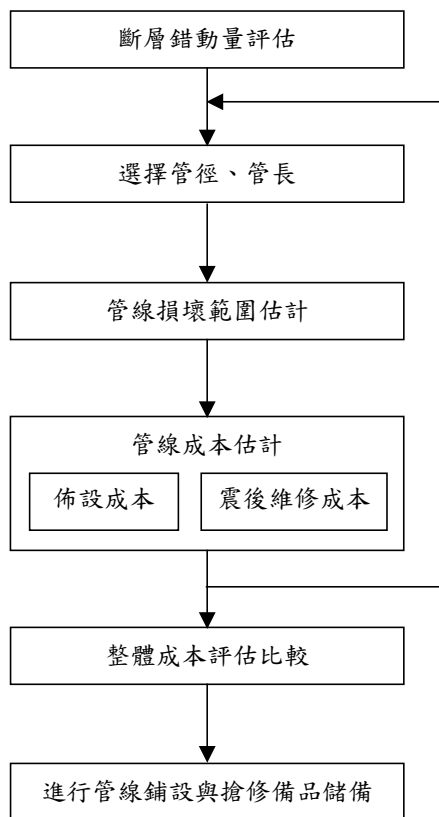


圖7 管線通過斷層設計規劃流程

因此針對通過斷層之延性鑄鐵管線耐震設計規劃，可參考圖7之流程。

### (1) 評估斷層錯動量

針對欲通過之斷層，可透過現地調查或蒐集相關文獻資料，評估其可能最大錯動量。

### (2) 估計損壞範圍

根據選定之管徑與管長，以及評估之斷層錯動量，可利用圖8，估算管線受錯動可能之損壞範圍。

### (3) 佈設成本估計

由於斷層錯動地表之破裂位置不易確定，故假設通過斷層帶之管線佈設長度相同。在同一種管徑下，管溝挖掘成本相

同，管線裝接成本則因接頭數目而異，短管之接頭總數相對較多，佈設成本相對較高。

### (4) 震後維修成本估計

在管徑相同之條件下，由於短管的損壞範圍較小，維修時管溝挖掘成本較低。但維修時管線裝接成本則需比較損壞區域內的接頭總數。維修成本的估計須由管溝挖掘成本與管體與接頭維修成本之總和加以判斷。

### (5) 整體成本評估比較

在成本評估方面，除了管線佈設或維修之直接成本的比較外，因管線損壞所造成間接成本的損失雖難以估計，卻往往是整體災損之主要部分。因此，必須合併考

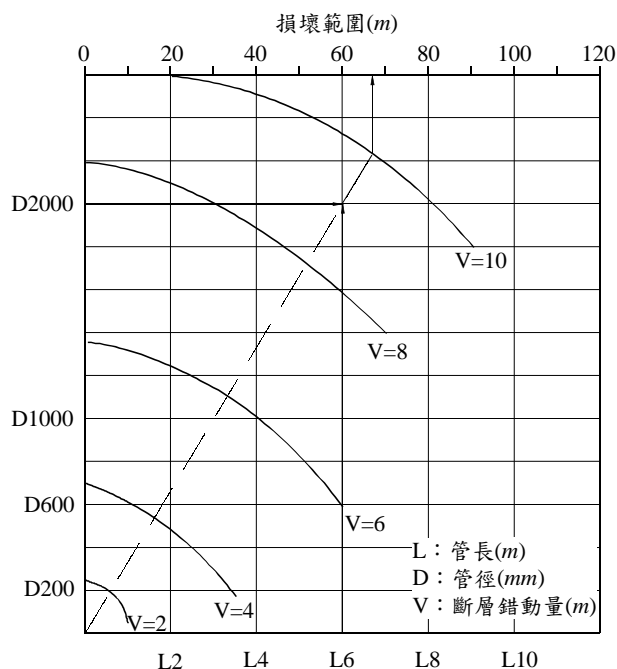


圖8 通過斷層管線損壞範圍簡易評估圖

慮直接與間接成本，以進行管線的佈設設計與搶修備品儲備規劃，使管線震災損壞所造成之整體成本損失減到最低程度。

### 3.2 設計例

假設斷層可能的最大錯動量為10m，選用管徑為2000mm，比較管長分別為6m與2m之佈設方式通過斷層。

#### (1) 管線損壞範圍估計

由圖8，連接座標原點和D2000與L6之交點，當斷層錯動量為10m，管線損壞範圍為67 m。同理可求得相同情況下，管長2 m的損壞範圍為20 m。

#### (2) 佈設成本估計

若管線佈設長度相同，則二種佈設方式之管溝挖填成本相同，但管長2 m之接頭數較多，其佈設成本較高。

#### (3) 維修成本估計

管長2m的損壞範圍為20m，其間需維修接頭數為10個；管長6m的損壞範圍為67m，其間需維修接頭數為11個，兩者相當。但損壞範圍小，維修時之管溝挖填成本較低，成為最主要之差異。

#### (4) 結果討論

單就震後維修方面考量，由本例之結果可以明顯發現，選擇管長較短者，即接

頭佈設較密集者，斷層錯動影響的損壞範圍較小，震後維修成本亦較低。但是從佈設成本的觀點，則必須付出之成本較高。亦即，必須在初期佈設時投入高成本，才能降低震災維修的直接成本以及因管線損壞所損失之間接成本。

地下管線遭受活動斷層錯動，無可避免會受到破壞，針對通過斷層管線耐震設計規劃應朝向減小災損程度、提高震後搶修與復原時效的方向考量。由以上之分析可獲得減少維修成本之規劃方向，但更重要的是震後能在最短時間迅速完成修復、供水，減少更大之社會成本支出，才是更應放入考量的重點。

同時由本研究成果可預先估計可能的損壞，儲備相應之管線零組件，將是提昇防災理念之具體實施。

## 四、結論

自來水管線遭受活動斷層錯動，無可避免會受到破壞。如何提高延性鑄鐵管線通過斷層之安全性，是本文研究的重點。本文以數值模擬的方式，探討延性鑄鐵管以K型接頭接合的管線受斷層錯動之行為。並由數值分析之結果，歸納出通過斷層管線佈設原則。

1. 若地震可能引發之斷層錯動量在2m以下，對於各種管徑之延性鑄鐵管，損壞範圍約在距斷層線10m以內。

2. 縮短接頭間距，即選擇較短之管長，能縮小管線損壞範圍。以現用6 m管長為例，改以2 m管長，能縮小管線損壞範圍達1/2~1/3左右。
3. 管徑較大者，其接頭勁度與容許伸長量相對小管徑者大，能承受較大之斷層錯動。
4. 在實際工程應用上，於震災搶修時可利用本文提出之簡易圖表，估計管線損壞範圍。
5. 於管線佈設規劃之初，利用簡易評估圖表，可預估管線災損程度，作為評估震後維修成本之考量依據。

## 參考文獻

- (1) Tsai, J. S., Jou, L. D. and Lin, S. H., "Damage of Buried Water Supply Pipelines in the 1999 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) Newmark, N.M. and Hall, W.J., "Pipeline Design to Resist Large Fault Displacement," *Proceeding of the U.S. Nation Conference on Earthquake Engineering*, Oakland, Calif., pp. 416~425, 1975.
- (3) Kennedy, R.P., Chow, A.W. and Williamson, R.A., "Fault Movement

Effects on Buried Oil Pipeline," *Transportation Engineering Journal*, ASCE, Vol. 103, No. TE5, pp. 617~633, 1977.

(4) Wang, L.R.L. and Yeh, Y.H., "A Refined Seismic Analysis and Design of Buried Pipeline for Fault Movement," *International Journal on Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 13, No. 1, pp. 75~96, 1985.

(5) Ford, D.B., "Joint Design for Pipelines Subject to Large Ground Deformations", *ASME, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP*, V77, pp. 160~165, 1983.

(6) 王炳鑫，「台灣九二一集集地震公共給水管線設備損害報告」，自來水會刊雜誌，第十九卷，第一期，第64~81頁，2000。

(7) 中國國家標準，延性鑄鐵管 (CNS 10808)，1998。

(8) 日本水道協會，水道施設耐震工法指針・解説，1979。

(9) 日本水道協會，水道施設耐震工法指針・解説，1997。

(10) 臺灣省自來水公司，「自來水管埋設工程施工說明書」，臺灣省自來水公司，1997。

## PDA在自來水修漏申報上的應用

涂裕琦\*、陳偉堯\*\*

### 前言

921集集大地震後，一般民眾賴以維生的自來水管線、天然氣管線及電力、電信管線皆受到重大的毀損，尤其是人們每天生活不可或缺的民生用水，在受到嚴重的破壞後，更是使得災區的供水及災後疾病的預防成爲嚴重的問題和挑戰，無疑地，從此次嚴峻的考驗和教訓中，我們學到了很多緊急應變的經驗，但是更重要的是，若是我們能事前做好萬全的規劃及應對措施，那麼在面對將來不可避免的天然災害時，我們便能有備無患。

從災前整備的立場出發，本文介紹一套由台北科技大學土木與防災研究所所發展的「自來水修理事件及災損調查處理系統」，不但可用於災後調查、搶修，更能於平時做爲維修、整備之用，可謂一舉兩得。其系統發展及主要功能是將自來水公司之管線修漏派工單，經過有系統的整理後，結合PDA〈即個人數位助理〉，以其輕巧便利的特性，進行資料的現地調查與紀錄，以取代傳統的紙張記錄方式，記錄

人員不需要帶著紙筆，即可完成現地管線災損調查的工作，所以能節省時間，爭取修復的時效。即使是平日維修時，作業人員亦可利用PDA將維修情形作詳細的記載，如此一來，就不需要將記錄表從現地攜回辦公室後，再逐筆的鍵入電腦，不但麻煩而且費時，更可能因爲人爲輸入的疏失，產生資料的錯誤；由於PDA所儲存的是電子資料，因此可直接與桌上型電腦進行同步，迅速完成資料庫的輸入，十分便利。由以上這些特點看來，這個系統除了可節省可觀的人力及時間外，亦可大幅降低作業成本，增進資料整理的時效。

### 壹、PDA的應用

PDA在近年來的迅速發展，再加上部份平台爲開放式的架構，而且有眾多的開發工具，任何會寫程式的人，皆可使用自己熟練的程式語言來編寫自己所需的應用程式，因此現在PDA於社會上的應用層面愈來愈廣泛。除了資訊的領域外，醫療、教育、衛星導航、公共建設、國防及各管理階層，處處可見PDA的蹤影，而且有時

\* 國立台北科技大學 土木與防災研究所研究生

\*\* 國立台北科技大學 土木與防災研究所助理教授

甚至是必備的工具。舉例來說，美國南達科達大學早在2001年5月即成為第一所提供1300名大一及醫學院、法學院一年級新生Palm PDA使用的大學<sup>(1)</sup>，而且其後陸續有其他大學跟進。

如前文提到921集集大地震所帶來的教訓，不但改變我們本土對地震管線災損的了解，同時也影響國外的研究人員，反映在國外新的地震應變策略上，舉例來說，美國國家型地震減災計畫〈National Earthquake Hazards Reduction Program，NEHRP〉在其徵求地震後災損調查行動方針的修正意見中，便特別提到資訊科技的應用，推薦以PDA、GPS〈全球定位系統〉及數位相機結合作為震災後的調查輔助工具，美國國防部甚至在特定船艦上使用PDA與網路結合，以完成作戰任務<sup>(2)</sup>。

除此之外，經濟部水資源局也曾委託逢甲大學地理資訊中心辦理「地理資訊系統於主要水庫管理之應用」計畫，對於現地調查人員，提供地圖輔助及各種資料記錄與傳輸媒體，來進行集水區保育工程及現地調查等水庫管理單位例行工作，其特色是該系統使現地調查人員可在山林中隨時掌握各項工程之所在位置，並隨時記錄工程之維護狀況，向管理單位回報<sup>(3)</sup>。

## 貳、記錄工具的選用

掌上型電腦〈Handheld Computer〉在經過多年的改革、發展後，終於在近年來有了重大的突破，從早期蘋果電腦所率先推出的叫好但不叫座的Newton PDA〈後來停產〉到US Robotics公司所推出的Pilot PDA，總算造成風潮，並且證明了這些工具的實用性和價值，隨著3Com公司購併US Robotics到最後獨立形成Palm公司〈Palm Inc.〉，而且公開上市並發行股票，以Palm OS為主的PDA遂成為市場佔有率最大的PDA平台，目前共有Acer、AlphaSmart、Garmin、HandEra、Handspring、Kyocera、Samsung、Sony及Symbol等廠商支援推出不同的機型，部分機型甚至結合手機功能〈如Handspring Treo 180及Samsung SPH-1300〉，相對於後起之秀的PocketPC PDA，Palm PDA仍然擁有價格低廉、省電及大眾化的優點，所以本研究採用Palm OS平台作為開發的依據。PDA〈Personal Digital Assistant〉就其衍生概念來說，其功能就是提供我們「溝通」、「連結」、「互動」等更為便利的行動裝置，如圖1左所示為本文所介紹之系統中所選用之Palm Vx外觀及其中文化界面，圖1右為Vx的升級機型m515，具有彩色的功能及較大的記憶體。

### 參、程式開發

#### 一、PDA程式開發平台



圖1 Palm Vx及m515之外觀 〈m515出自[http://www.sotovik.ru/pda/pda\\_PalmOS.htm](http://www.sotovik.ru/pda/pda_PalmOS.htm)〉

由於Palm的硬體架構與麥金塔〈Macintosh〉第一代電腦有相似的地方，機械碼為同一套規格，所以Palm OS的正式網站上建議兩套以C語言為編譯程式的開發工具——即Metrowerks公司的CodeWarrior以及自由軟體基金會〈Free Software Foundation，即GNU〉的gcc，而由於CodeWarrior的使用者介面較友善，故一般使用者大都使用CodeWarrior來進行程式開發，先撰寫C語言程式，再編譯出Palm OS平台的prc檔。

## 二、自來水調查系統之設計概念與架構

本文所介紹的系統的正式名稱為「自來水修理案件及災損調查處理系統」〈見圖2〉，為了使現有的修漏案件處理人員熟悉介面及使用方式，該系統乃是以台灣省自來水公司各營運所目前所採用的「修理

案件處理單」為參考依據，將所蒐集到的921集集大地震災後自來水修漏單，整理出格式較為完整且具代表性的修漏單格式後進行設計，雖然各營運所所使用的案件處理單各不相同，但是大致具有相同的資料單元，我們最後選用如圖3之「南投營運所修理案件處理單」作為範例，將來若有需要，可另行針對各營運所的需要進行修改。程式設計時，由於考慮有些項目在災損調查時並無使用上的需要，因此歸類整理而將「修理事件處理單」的資料單元分為七個大項，分別為：

- 基本資料
- 修漏內容
- 破管原因
- 使用工料
- 挖掘狀況
- 管線位置示意圖及備註
- 檢核結果

在區分這些基本資料類別之後，我們得以設計所需的PDA應用程式，並將各類別資料由紙本對應至PDA如圖4所示。以

下各節將針對資料蒐集模組、資料同步模組及資料庫等子系統進一步說明。



圖2「自來水修理案件及災損調查處理系統」主畫面

南投營運所修理 案件處理單 nt-688 NO. 2209

**88.10.18**

地址	南投市 中寮鄉 芬園鄉	村(里)	復興	路(街)	段	巷	弄	號	F
水 號	用戶簽章								
施工時間	88年10月18日 8時15分			使用材料					
完工時間	88年10月18日 10時20分			名稱	規格	單位	數量	單價	金額合計
用時間	技工	時	人	臨時工	時	人			
修漏內容		破管原因							
<input type="checkbox"/> LP	<input type="checkbox"/> CIP	<input type="checkbox"/> 剝蝕	<input type="checkbox"/> 施工不良	止水栓					
<input type="checkbox"/> GIP	<input type="checkbox"/> 殘存管	<input type="checkbox"/> 荷重振動	<input type="checkbox"/> 回填不良	止水栓					
<input checked="" type="checkbox"/> PVC/P	<input type="checkbox"/> 水錶	<input type="checkbox"/> 材質不良	伸縮接頭						
<input type="checkbox"/> 止水栓	<input type="checkbox"/> 制水閥	<input type="checkbox"/> 地盤下陷	其他工程						
<input type="checkbox"/> 管蓋	<input type="checkbox"/> 消防栓	<input checked="" type="checkbox"/> 折斷	<input type="checkbox"/> 橡皮墊	接合管					
<input type="checkbox"/> 接合管	<input type="checkbox"/> 排氣閥	<input type="checkbox"/> 空洞	<input type="checkbox"/> 管鞍						
內襯	接頭	<input type="checkbox"/> 裂縫	<input type="checkbox"/> 其他	AC					
管線位置示意图及備註		挖掘狀況			標美土				
基準點	距離	土路	m2	礫土	m3				
←	公尺	石子路	m2	級配	m3				
↓	深度	混凝土路	m2	檢修前水壓	kg/cm2	檢修後水壓	kg/cm2		
○水管	公尺	柏油路	高級	漏水斷面積	cm3	漏水量	CMD		
			高級	地下水	<input type="checkbox"/>	有			
		土質狀況	<input type="checkbox"/> 砂土	<input type="checkbox"/>	無				
			<input type="checkbox"/> 粘	領料單編號	修漏工作績效				
			<input type="checkbox"/> 碎石雜	處理人員	林發亮				

路中漏水  
 表位漏水  
 207 白...  
 206 簡秋桂  
 203 李相輝  
 208 胡定吉  
 25X100 1只  
 25 PVC  
 60cm  
 6分塞頭1個  
 大糖  
 弘瑄電

圖3「南投營運所修理案件處理單」

### 三、資料蒐集模組

為使記錄人員於現場使用時能以最少的點選次數來記錄災損資料，以便能在震災後或平日維修時以最短的時間建立資料庫，於程式設計時，考慮Palm的畫面有限，故以翻頁之方式來進行設計，每個Palm的表單畫面右下角皆有「上頁」、「下頁」或直接回到「主選單」的按鈕可供選擇，而且每個表單上方，皆有一個表單標題，顯示目前所處的畫面主題及記錄項目。

每個表單內之項目皆仿照「案件處理單」中之欄位及勾選盒方式供記錄人員登記，調查時未曾使用之欄位，將之刪除後，再加入用戶基本資料如用戶電話、

GPS定位座標等，供使用者填寫，方便日後調查時查詢之用。所有的災損資料皆於Palm端輸入，PC端不須再作任何的輸入手續（但是PC端亦可查詢或更改），如需修改，亦可於資料庫內將單筆或多筆資料提出修改。圖4即為自來水災損資料蒐集模組於Palm端的操作介面，圖中可看出將整張表單切割成多個PDA表單畫面的情形（註：本文所說明之圖例及輸入資料均為假設資料，純為說明方便之用）。

### 四、資料同步模組

Palm OS系統是透過PC端之HotSync Manager來進行資料之交換，此系統中之同步模組是以Palm的軟體—RsrcEdit來將

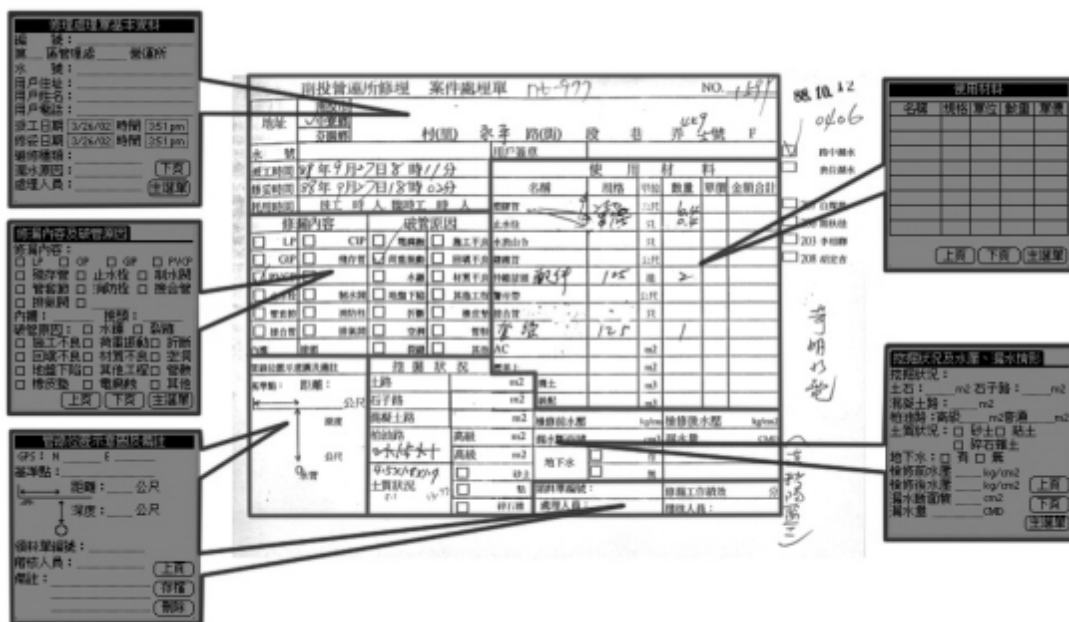


圖4自來水災損資料蒐集模組設計結果（PDA端應用程式）

Palm上的資源〈Resource〉作備份〈Backup〉的工作，然後以Microsoft Visual C++來編寫程式，將所備份的PDB檔案，編輯成純文字檔〈.txt〉，方便之後以資料庫軟體來讀取資料。

## 五、資料庫

從資料同步模組所轉換後之資料，便可以由後處理模組〈即資料庫模組〉來接收所記載之檔案資料。此系統所選用的資料庫軟體為MS Access 2000，原因為此套資料庫軟體為目前最普遍，且最易學習的資料庫工具。

為了避免日後發生資料重複及矛盾的情形，此調查系統先採用實體關聯圖〈ER-diagram〉繪出各個實體〈Entity〉，並分析各實體之所有屬性資料〈Attributes〉，決定每個實體之鍵值以及各實體間之關聯性後，再將其正規化處理，依照鍵值屬性分割以及合併資料表，然後便可將所記錄之資料匯入資料庫內，供日後整理、查詢之用〈如圖5所示〉。

MS Access內之資料查詢功能，可供使用者以SQL〈Structured Query Language，結構化查詢語言〉來設計問題查詢資料庫〈如使用材料、維修費時及耗用金額等統計數量〉，供管理決策單位掌控災情或了解營運狀況。當使用者建立一個「查詢」時，MS Access即會在背景作

業撰寫對等的SQL敘述，以下為此系統模擬斗六營運所於921地震後各種管線之破壞機制統計，圖6為此查詢之設計檢視畫面，圖7則為對等於此設計檢視畫面之SQL語法，圖8即為其查詢之結果。

所查詢之項目亦可以不同之設計表單形式輸出，圖9為以編號查詢單筆記錄之表單，即仿照原先之「案件處理單」形式〈圖3〉設計，與維修單位目前使用的紀錄紙張十分相似，可降低使用人員排斥感，並提高使用效率，顯示本資料庫系統的設計彈性。

## 六、程式修改的彈性

上述之「自來水修理案件及災損調查處理系統」係以圖3〈南投營運所〉之「案件處理單」為藍圖，不過，由於整體的設計邏輯與所採用的開發工具皆具有極大的彈性，因此可以根據原有的設計程式，配合各營運所的需要加以修改成符合各營運所要求的修漏申報系統。這些系統可搭配統一的中央資料庫系統，使得台灣省自來水公司總管理處能隨時掌握各地之管線維修情形及營運成本。

## 七、與其他工具的整合性

快速易用的PDA程式及桌上輔助的資料庫環境，亦可配合PDA擴充模組的GPS系統，達到衛星定位的功能，並應用地理

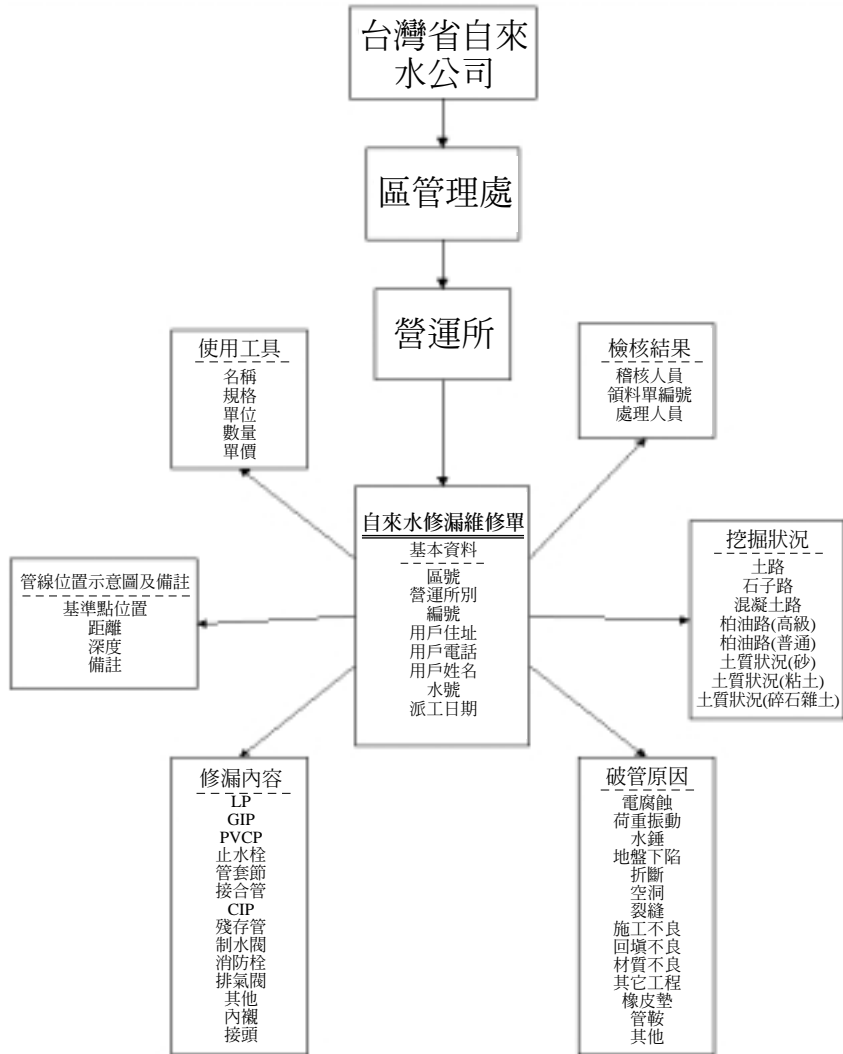


圖5 「自來水修理案件及災損調查處理系統」之實體關聯圖

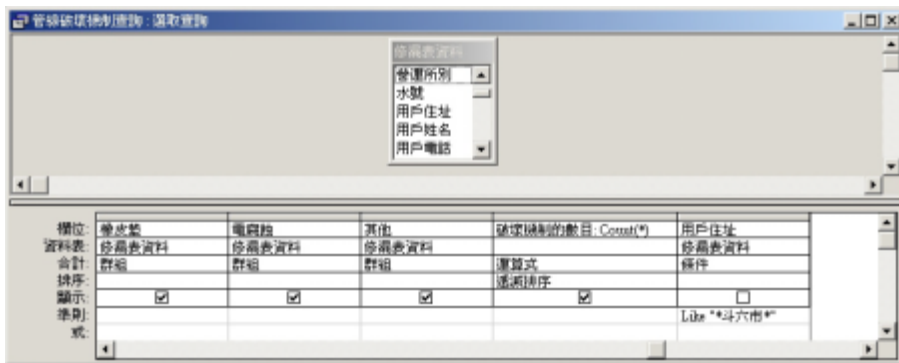


圖6 模擬斗六市地震後管線災損查詢之設計檢視畫面

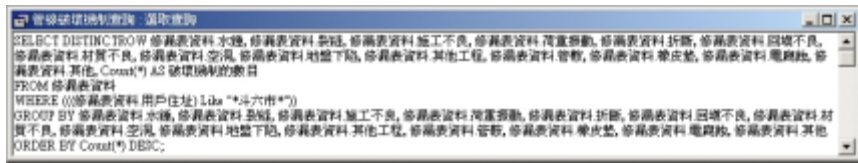


圖7上圖〈圖6〉查詢的對等SQL語法

水腫	裂縫	施工不良	洩漏	折斷	回堵不良	材質不良	空洞	地盤下陷	其他工程	管駁	橡皮墊	電線路	其他	破壞類別的數目
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	96
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<	

資訊系統〈Geographic Information System, GIS〉的知識，使整體的資料空間化、立體化，讓使用者能更輕鬆並有效率地處理各種數值化的地理資訊。

透過GPS裝置可輕易地接收從衛星所發出的訊號，取得所在位置座標，而利用此特性，可於進行PDA調查時，一併記錄該記錄點之點位，回辦公室後再將所得之相關位置轉換至GIS系統中，以利與其他之圖層作套疊，可清楚地了解到所記載的點位，甚至作空間上的維修分析，了解管線汰舊換新的優先順序。

## 肆、結論

本文所介紹之「自來水修理案件及災損調查處理系統」，有以下特色：

1. 這套完整的PDA管線調查系統，含PDA端應用軟體、後端桌上資料庫及連結軟體，為國內第一個將PDA應用於自來水管線修漏申報維修上的軟體系統。
2. 本系統資料庫均經過資料庫正規化的步驟，設定其關聯性及鍵值索引，確保資料庫之完整。
3. 表單之輸出可依使用者之所需不同作變化，此系統中查詢編號之輸出表單，即仿照原始「案件處理單」之形式設計，對相關處理人員具親和力，降低學習時間。
4. 若結合GPS定位功能，可立即找尋災損

點之經緯度座標，並作簡略的災情記錄，便於空間分析、利用。

5. 本系統所使用之開發工具皆為容易取得之應用程式，如Code Warrior、Microsoft Visual C++及Microsoft Access等，在了解整體的架構後，不需從頭重新撰寫程式碼，程式設計者可依需求目的之不同，快速地修改程式，開發出所需的應用程式工具。

## 參考文獻

1. Palm Inc. Press Room, [http://www.prnewswire.com/cgi-bin/micro\\_stories.pl?ACCT=153400&TICK=PALM&STORY=/www/story/05-09-2001/0001489783&EDATE=May+2,+2001](http://www.prnewswire.com/cgi-bin/micro_stories.pl?ACCT=153400&TICK=PALM&STORY=/www/story/05-09-2001/0001489783&EDATE=May+2,+2001)
2. Palm OS公司網站，[www.palmos.com](http://www.palmos.com)。
3. 逢甲大學地理資訊系統研究中心網站，<http://service.gis.fcu.edu.tw>。

## 致謝

台灣省自來水公司曾盛一工程師、黃鎮豐工程師提供此系統所需之資料，中興工程顧問社大地工程研究中心馮正一博士提供技術支援及諮詢，使系統得以順利完成，特此致謝。本研究部分經費來自國科會專題研究計畫91-2211-E-027-008，謹此一併表示謝意。

## 自來水漏水控制的理論和實務

姚關穆\*

近來台灣地區一度由於長期乾旱，水荒嚴重，威脅嚴生、工業、農業用水至鉅，自來水的漏水也被搬上檯面，甚至成為立法院和大眾媒體的熱門話題，這種情形，在國際間頗不多見。其實漏水這個名詞，嚴格說起來並不十分妥切。誠如台北市首長在電視節目中指出，這漏水其實包括免費公共用水、消防用水、水錶少計水量、偷水和真正漏水等<sup>(1)</sup>。因此在中國時報報導中，較為謹慎地用「無費用水量」來替代漏水<sup>(2)</sup>這個名詞把用水量分成「無費」和「有費」兩大類，簡單明瞭，大家都看得懂，而且「無費用水量」太高時，也可以顯出對自來水經營財務，大為不利。這個名詞的英文原文是Unaccounted For Water，意思是「未計水量」，表示沒有計算到的水量，並沒有牽涉到收費，和「無費用水量」並不完全相同。因為即使是免收水費的公共用水，只要裝上水錶，仍然可以計量，不必一定列入「未計水量」。為了沿用過去習慣，本文將仍使用漏水和漏水率等名詞，因為畢竟漏水是「無費用水量」或「未計水量」的主要因

素。

根據中國時報報導，台北市的自來水漏水率達41.8%，的確相當高。台灣省情形較好，漏水率是24.6%，比美國的14.5%，瑞士的9.1%，德國的9%，仍然高了些<sup>(2)(3)</sup>。日本由於大力抽換老舊管線，漏水率只有7%<sup>(4)</sup>。至於台灣地區合理的漏水率，報導中提到10%左右<sup>(2)</sup>。同時報導中還提到控制漏水的方法是勤於汰換老舊水管。日本是每年5%，等於每二十年全面換新一次。至於美、德、瑞等國的汰換水管率約為每年1.45到3.5%之間，遠比台灣省的0.2%為高。因此水公司當局希望能達到至少為1.5%。如以上述國外經驗來說，這個汰換水管率恐怕仍然不能使台灣趕上先進國家的低漏水率水準。

讀者也許想知道，這漏水率究竟可以低到什麼程度？有沒有真正所謂合理漏水率？因為上面提到的合理漏水率，顯然比不上不少先進國家已經達到的程度，究竟這個10%左右的合理漏水率是建築在什麼基礎上，似乎不無斟酌餘地。筆者有幸參與過兩項相關工作，頗能回應上面的這些

\*國立中央大學兼任教授

問題，因此特地簡要整理出來，供國內同仁參考。

第一項工作是西元1970年代初期，筆者在美國麻省波士頓一家大型環境工程顧問公司工作時，參與了劍橋市自來水系統維護計劃。當時波士頓地區，有一個叫大都會區發展公司（MDC）的半官方組織。這公司的有一項工作是開發自來水水源，經過妥善處理後，用大型幹管輸水到地區內各市鎮，賣水給市鎮政府。市鎮政府則各自另行建設行政區內配水管網，配售給自來水用戶。劍橋市政府便是其中的一個。這劍橋市說來「此馬來頭大」，著名的哈佛大學和麻省理工學院都在市內。全世界政要和財經鉅子多半來這裡朝過聖。由於自來水是向人家買來的，成本不低。為了有效控制漏水和維持良好供水水壓狀況，劍橋市政府和我們公司訂有長期合約，由我們公司在電腦建立一個反映全市配水管網，包括抽水站、蓄水池等在內的數學模式。每年在市政府編列年度預算前，由公司派人對整個配水管網功能作一次全面性診斷，包括漏水檢測，供水壓力調查等，然後就需要抽換管線，加大管線口徑，及其他必要修護工作，作成工程預算，供市政府向議會提出，經過過後實施。至於漏水率，原則上控制在5%以下。

第二個項參與的工作，是在西元1983

年筆者擔任一個國際組織，設在馬來西亞首都吉隆坡的環境工程中心主管。當時韓國及馬來西亞等國，覺得國內自來水漏水率偏高，希望我們能夠幫他們引進新的漏水控制（Leakage Control）科技。因此我們決定撥款辦理一個國際性漏水控制講習班。由於新加坡已經有很好的控制漏水成效，並且還有先進設備可供學員見習，這次講習班就設在新加坡管理自來水的公用事業局（Public Utility Bureau）。這公用事業局同時也管理電力供應。爲了這項工作，筆者特地在西元1983年7月去新加坡作了短暫正式訪問和洽商，對新加坡政府官方接待安排無微不至的篤實態度，留下深刻印象。另外公用事業局專室陳列的省水器材，不僅說明詳盡，還可以讓參觀者自己動手試驗，很值得仿效<sup>84</sup>。後來講習班一切都出奇的順利，有馬來西亞、韓國、汶萊、菲律賓、香港、澳門、新加坡、菲濟等國代表參加。講習班的講師全部來自英國泰晤士河流域管理局，在這方面經驗非常豐富，而且還攜帶了不少實地檢測的電子儀器，供現場示範。

談到漏水意義的演變，其實最早關注漏水這個問題，是爲了飲水衛生。因爲自來水配水系統常時保持相當水壓，因此漏水是往管外漏。但是萬一由於停水或其他原因，管內水壓降低，原先漏出去的水會帶著污染物迴流進管內，造成二次污染。

換句話說，漏水表示很大的飲水衛生風險，因此必須控制。後來自來水系統維護操作日趨進步，除了在罕有情況下系統停水，或者少數管末尖峰供水時段，發生低壓等特殊情形外，飲水衛生風險已經降低很多，目前控制漏水的主要考慮是經濟導向，因為大好經過妥善處理的自來水白白流失，浪費實在可觀。在水資源極端貧乏地區，漏水控制似乎也是節約水資源，不過如何在漏水控制費用和水資源節約之間取得平衡，倒是值得探討的課題。

新加坡講習班中，對漏水控制的大原則是採取經濟導向。大凡一個漏水率很高的配水系統，只要找到主要問題所在，有時候花有限的經費，往往就能夠大幅度降低漏水率。但是等到漏水率已經降得相當低的時候，要再進一步降低，減少單位漏水量的費用就會相對提高。這種進一步降低漏水量的單位費用，習慣稱為邊際減少單位漏水量費用。當這個邊際費用和生產自來水單位水量費用相同時，就是理論上的漏水控制合理平衡點。因為過了這一點，花在減少單位漏水量的費用，將超過生產單位水量費用，在經濟學上是說不過去的。要特別一提的是生產自來水單位水量費用倒並不一定是水價，除非水價能真正反映實際成本。由於各地情況不同，至少從理論上來說，各地的合理漏水率並不一致。有趣的是新加坡參加講習班學員，

把他們控制漏水費用和生產自來水成本一比，竟然發現真的已經超過了平衡點，可見新國控制漏水的努力。其實像新加坡這種缺水國家，仰賴馬來西亞供應原水，控制漏水不惜成本，似乎也無可厚非。

中國時報報導中指出，水錶不夠準確時，可能少計水量有時可達2.4到7.2%，幾乎接近先進國家的整體漏水率。因此漏水控制主要包括兩部份。一部份是控制實測漏水量，另一部份是校正或抽換不準確的水錶。後者是使用可攜帶式準確量水計，對大型水錶和準確性有問題的用戶水錶，加以對照量測，根據結果，採取必要改善措施。

至於管線系統漏水檢測，第一步是把配水管網分成比較容易利用關閉水閥孤立出來的小區域，然後對這些小區域逐一實施夜間流量檢測。檢測時要關閉所有進入這一區域管線的水閥，只留下一條有選定檢測點的水管開放，引自來水進入檢測區域，用戶接管能關掉當然更好，不過要顧到用戶方便。檢測點如果沒有預設安裝流量計設施，只要在水管頂部打一個像用戶接管那樣的小孔，就可以利用比托管測定流量。流量檢測通常是整夜進行，為了避免人工操作困難，可以利用電子數位記錄儀代勞。深夜測得的流量，代表可疑漏水，如果數量顯著時，就要進一步用聽測器或其他更新型儀器，作實地調查，鎖定

漏水地點，並且規劃改善方案。

其實上面所提到的這些工作，並不十分困難。台灣地區自來水當局如果人力不足，很可以委託顧問工程公司代辦。從檢測的結果，應該可以大致分析出來，要達到理論合理漏水率，必須採取的措施和所需的費用。汰換舊水管，應該是漏水控制最重要的一環。有了檢測結果作為基礎，對於究竟要汰換多少舊水管才能達到合理漏水率，也將能提供較為具體的答案。

經濟導向和節省水資源導向漏水控制，在操作上可能有些差異。前者主要著力點是維護良好的配水管網和相關附設設施，後者往往還要顧慮到用戶內部用水系統。如新加坡公用局對自來水用戶每次水錶讀數，均用電腦和以前記錄比較。如果發現有異常增加用水量，就會主動協助用戶檢查內部可能漏水情形。不過即使是經濟導向，推動用戶利用省水設備，仍然要不遺餘力，因為可以大量減少上下水道投資。例如美國聯邦政府，在西元1992年規

定必須使用每次沖水量不超過六公升的抽水馬桶。據估計全面實施後，在二十年內可以減少上下水道投資經費達美金2,800億元<sup>6)</sup>。

#### 參考文獻：

1. 衛視「文茜小妹大」節目，民國91.5.10。
2. 「大台北一天漏水近百萬噸」，中國時報，民國91.5.5。
3. 「台灣漏水率高得離譜」，中國時報，民國91.5.5。
4. 衛視「文茜小妹大」節目，民國91.5.7。
5. K.M.Yao, "Notes on a Field Visit to Singapore, 28-29, July 1983", PEPAS, WPRO, WHO Aug. 10, 1983.
6. "Household Water Savings Could Reduce Future Water Infrastructure Costs by Billions", WEDT, USA, V10, N8, Sept. 1998, p.23.

## 「整合管理—永續水資源之要訣」

參加2002年「第三屆國際水協會年會」(3rd IWA  
WORLDWATER CONGRESS 2002 MELBOURNE)心得報告

劉家堯<sup>1</sup>盧清雄<sup>2</sup>謝啓男<sup>3</sup>葉宣顯<sup>4</sup>李丁來<sup>5</sup>

### 一、會議目的

本次參加第三屆國際自來水協會年會旨在於收集與國內自來水經營管理相關之資料：包括整合性水資源管理、公用事業管理之經濟性議題、系統規劃及管理、飲用水處理、市政及廢水處理、發展中地區之供水服務、新興污染物及相關管制法規等國際間發展概況，以汲取世界各與會國家之自來水高級處理發展與應用經驗，同時進一步瞭解自來水事業的未來發展趨勢，以供國內自來水事業發展之參考。

### 二、會議過程概述

#### (一) 會議主題

第三屆國際自來水協會年會於2002年4月7-12日在澳洲墨爾本市舉行，另國際自來水協會舉辦之第十一屆影響人體健康之微生物研討會，及澳洲主辦國自行籌組

之2002年環境展覽會 (The Enviro 2002 Convention & Exhibition)，也同時舉辦，其目的在將各項與環境永續發展及保護相關之科學、技術及研究等最新成果整合於同一期間舉行，而非分散成數個各別研討會於不同期間、地點舉行，達到” a unique approach to a unique environment “，可使參與者於同一期間獲得最新環境議題及技術發展之趨勢，節省許多寶貴時間及經費。

#### (二) 會場簡介

由於本次會議係綜合水、廢棄物、環境企業、臭味控制等四大環境主題所組成之超大型研討會，另同時舉辦環保器材展覽會，故會場主要分兩大部分，坐落在貫穿墨爾本市之Yarrar River南、北兩岸，其間設有新式具現代感之人行鋼構天橋供步行，各項主題研討會分散在澳洲墨爾本市

- 1、中華民國自來水協會秘書長
- 2、臺灣省自來水公司顧問
- 3、臺灣省自來水公司副總經理
- 4、國立成功大學環工所教授
- 5、臺灣省自來水公司工務處工程師

會議中心 (Melbourne Convention Centre) 之八處講堂共二十三間會議室舉行，環保器材展覽會，則在澳洲墨爾本市展覽中心 (Melbourne Exhibition Centre) 舉行，為吸引參加會議人員撥空參觀環保器材展覽會，大會將中餐及早上、下午之咖啡時間均安排於此。

各會場之明顯角落，均有墨爾本都會區水公司中之City West Water、South East Water及Yarrar Valley Water等三家分區經營之水公司（其清水均來自Melbourne Water，而Melbourne Water所供應之清水，90%均來自其無人居住，且嚴密監控管理之十處主要水庫原水，經過必要之消毒及調整pH值後，經由送水管及42處配水池送供），每天為大會特別準備，無限量供應600c.c.裝填之瓶裝自來水，供各國及澳洲其他地區與會者飲用，此為本次國際研討會之特色之一，顯示全體墨爾本都會區水公司對其所供應之自來水品質深具信心。

### (三) 出席理事會 (Board Meeting) 報告

今年國際水協會 (IWA) 於澳洲墨爾本舉行第三屆世界水大會 (World Water Congress)，並於大會之前舉行一連串相關的行政會議。我國由臺大環工系駱尙廉教授及成大環工系葉宣顯教授代表我們國家為IWA理事會 (Board) 之成員，出席4月6日 (星期六) 在墨爾本展覽及會議中

心 (Melbourne Exhibition & Convention Centre) 所召開之理事會。葉宣顯教授於5日上午飛抵墨爾本，晚上七點多，出席IWA會長丹保憲仁教授於維多利亞州之州議會大廈 (Parliament House) 所舉行之歡迎晚宴 (President's Dinner)。四月六日上午九點理事會於墨爾本會議中心開議，我國另一位IWA理事 $\Sigma$ 代表駱尙廉教授因在大陸行程受天候延誤，趕不及與會，由台灣省自來水公司之李工程師丁來先生代表，與葉宣顯教授共同出席。

首先由會長丹保教授致歡迎詞，然後確認去年 (2001年) 十月十一及十二日在德國柏林所舉行理事會之會議記錄。接著進行下任會長 (任期自2003年3月至2004年9月) 之選舉。候選人有二位，一位是匈牙利籍之Laszlo Somlyody教授，另一位是英國籍之Michael Rouse先生。大會除了發給兩人之簡歷外，並由兩人分別發表簡短之口頭競選宣言，闡述個人對IWA發展之理念。隨後進行投票，每一國家只有一票，結果Rouse先生以多數票當選。Rouse先生目前為英國政府Drinking Water Inspectorate之Head，負責英國公共給水水質安全之把關工作，之前他在英國Water Research Centre (WRc) 工作十九年，1984至1993年擔任WRc之執行長 (Chief Executive)。他曾經擔任IWA科技委員會 (Scientific and Technical Council) 之副主

席，現為IWA之副會長兼司庫（Treasurer）。

第二個議題是要決定2008年舉辦雙年會（Biennial Congress）之地區。IWA執委會（Executive Committee）建議由歐洲地區及北美（夏威夷）中選擇一個。經討論及投票後，理事會決定歐洲地區為2008年雙年會地區。至於確切之國家及城市則留待後續討論後，再做決定。

另外，理事會亦聽取行政部門有關協會之財務、出版業務、IWA基金會（IWA Foundation）等各部門之報告，並討論相關議題。其重點分述如下：

#### 1、國家委員會（National Committee）之角色、功能及會費之分攤

現行IWA組織架構下之國家委員會，係延續IWA前身IWSA及IAWQ之架構而來。國家委員會本來用以代表各該國家會員之利益，並藉由在理事會內兩名代表來參與協會運作方向之決定。且國家委員會所繳年會費甚高（目前每一國家為2,444英鎊），約佔IWA會費所收入之27%。目前各國國家委員會組成之方式不盡相同，是否均能充份代表各該國家內各階層會員之利益？且許多開發中或低所得之國家，既繳不起會費，亦沒有能力派員參與每年一次之理事會，有失IWA照顧開發中或落後地區之立意。

經過熱烈討論後，達成下列數點共

識：

- (1) 協會基本上尊重各成員國國家委員會之組成及運作模式，但國家委員會應透過各種之管道，以獲得該國會員之意見。
- (2) 協會應透過各種機制，讓各國家委員會之意見能在理事會上充分表達。建議改變現行理事會成員只有出席，才能投票之規定，可考慮在會前即允許進行電子投票（electronic voting），再與現場所投之票，一齊計票。
- (3) 協會應鼓勵並協助鄰近數個國家委員會結合成立「區域聯盟」（regional coalitions），透過此些地域性組織，協會可更有效地對開發中國家或落後地區提供協助。
- (4) 建議在隨後幾年內，大幅調降國家委員會之會費，而由調整個人會員及團體會員會費來加以彌補，且團體會員可依其公司或組織之大小分級收費。

#### 2、財務委員會（Finance Committee）

財務委員會位階在執委會之下，由司庫（Treasurer），理事會所指派之會員，及執委會所指定之一名獨立之合格會計師（必須為IWA會員或屬IWA團體會員之職員）等三人所組成，以司庫為委員會之主席。預計每季開會一次，至少每年應開會乙次。目的在加強對協會財務之監管，及現有資產之投資運作，以確保協會在達成

其任務之同時，能有健全之財務支援。

### 3、World Water Congress之管理機制

基於二年一次之World Water Congress係協會之「門面」，同時亦是會員交換工作心得，獲取新知，與思考後續發展方向之重要場合，故在爭取地主國及廠商之支援的同時，亦應該避免過份之商業化。故決定自2004年摩洛哥Marrakech雙年會開始，每一雙年會均由倫敦總部成立Congress Committee，來擔起策略規劃之重責，並為年會主席及節目規劃人之顧問。同時依地區之特性，訂定總部與地主國籌委會間權利、義務之歸屬與經費分擔之方式。

### 4、策略委員會 (Strategic Council)

已取代原有之管理及政策委員會 (Management and Policy Council, MPC) 及科技委員會 (Scientific and Technical Council, STC)。策略委員會共有32位委員，分別代表專家 (Specialist groups)，會員權益 (Member interest groups) 及開發中國家 (Developing Countries) 三大群體。策略委員會將討論IWA之基本活動方向，並將會議結論提送執委會及理事會。

### 5、IWA與其他組織間之合作

IWA目前與世界衛生組織 (WHO)，世界銀行 (World Bank)，聯合國教科文組織 (UNESCO)，UNEP，OECD，Dialogue on Water and Climate (DWC)，Stockholm International Water Institute

(SIWI) 及亞洲開發銀行 (ADB) 等均有合作關係。其方式有共同出版專書或共同舉辦研討會，或是共同對開發中國家提供相關之協助。IWA目前亦積極參與明年 (2003年) 三月將在日本京都舉行之第三屆世界水論壇 (The Third World Water Forum) 之籌辦。

### (四) 研討會內容簡介

今年第三屆國際水協會年會之研討主題是「整合管理—永續水資源之要訣」 (Integrated Management-Key to Sustainable Water)，在四天之年會期間，總共發表之論文數 (含水及廢水) 達800餘篇 (其中含469篇之壁報展示論文)，另舉辦不同專題研討會 (Workshop) 達38場、開發中國家之供水論壇、WHO飲用水指針簡介、七處技術參觀，共分水資源整合管理、公用事業管理及經濟性、系統規畫及管理、飲用水處理、市政及工業廢水處理、開發地區之供水服務、致病污染物等七大類，而第十一屆IWA致病微生物研討會也同時舉辦。

國際水協會係於西元1999年由國際水質協會 (International Association on Water Quality IAWQ) 與國際自來水協會 (International Water Service Association IWSA) 合併而成，故於每年年會中所發表之論文，係涵蓋自來水及廢水兩大類，受限於所載論文數及專題研討會場數太

多，實無能力每一篇論文及場次均能到場聆聽學習，僅就研討會中與自來水有關者，擇其項目分類整理心得如后。

### 三、心得

#### (一) 有關會議之主辦方面

本次會議係由澳洲之IWA國家代表於四年前爭取到在墨爾本市主辦，配合澳洲其他國內之相關研討會及環境設備展示會同期間舉辦，不僅節省澳洲各主辦單位以往準備各別研討會所需之寶貴時間、經費及人力，也使世界各國數千參與者，於同一期間獲得最新環境相關議題、技術發展之趨勢及資訊，同時為澳洲環境產業、航空業、觀光旅館業、餐飲旅遊業等，帶來相當之商機及就業機會，可謂一舉數得，因此所在地之維多利亞州政府及墨爾本市政府均相當重視本次大會，給與相當多之支持及協助，期間並先行透過澳洲政府派駐世界各地之商務代表處，訪查各國與會代表之成員背景，以安排適當廠商進行技術商談會，可見澳洲政府相關單位對開拓經濟及拓展貿易之用心。

反觀國內，雖然每年也有相關類似之社團組織（例如自來水協會，環境工程學會等）辦理研討會或設備展示會（例如聯合報系，中國時報系等），但卻分散委由不同之單位，在不同之時間舉辦，缺少整合，且因資源分散致財力不足，為節省經

費，常委由非專業之單位（例如大學院校）主辦，未見中央政府相關主管部門（例如經濟部，環保署，國科會等，這些部會常是協助籌備之主辦或協辦單位）主動居中協調整合，集中有限資源，發揮國家整體力量，遑論主動協助爭取在臺灣辦理大型國際研討會，藉此擴展臺灣與世界上著名非政府組織間之關係，爭取國際合作及友誼，兼及增進航空業、觀光旅館業、餐飲旅遊業等之商機及就業機會。

#### (二) 有關澳洲墨爾本市自來水之經營方面

本次國際研討會之特色之一，是每天由City West Water、South East Water及Yarrar Valley Water等三家依公司法成立，取得政府特許分區經營（水及廢水服務）權之水公司，為大會特別準備，無限量供應600c.c.裝填之瓶裝自來水，供各國及澳洲其他地區與會者飲用，顯示全體墨爾本都會區水公司對其所供應之自來水品質深具信心。

澳洲墨爾本都會區之自來水公司均為維多利亞州政府所有，主要由1992年依據Melbourne Water Corporation Act成立之Melbourne Water（wholesaler water company）供應清水，再分售給1994年根據Water Industry Act改組墨爾本水工業後所成立之三家水公司（retail water company），而Melbourne Water另外依法

營業之項目包括Melbourne 水道、水質監測及改善、及大墨爾本都會區約94%之污水處理及下水道系統管理。另外三家水公司則負責自來水之配水系統及用戶接管服務、污水收集及共約4%之小區域污水處理等，政府並另成立「基本服務委員會」(Essential Service Commission)，定期評比考核這三家水公司之服務情形，以創造具競爭性之環境，考量未來民營化之可能，政府特許分區經營（水及廢水服務）權之期限約8年6個月，並依法繳納所得稅及營業稅，目前雖然均非股票上市之公營公司，而「公司治理」情形也比照澳洲證券交易上市規則辦理，此種公營水公司之「所有權」與「經營權」分開、自來水之供應採「產」與「銷」分別管理、以加強水源保護提高「自來水水質」替代設置淨水處理、「上水」與「下水」合併經營、設立委員會予以評比強化競爭力、「公司治理」比照證券交易上市規則辦理、依公司法規定納稅等經營方式，提供國內對自來水經營之另類思考。

### (三) 有關研討會內容方面

#### 1、有關「水資源整合管理」部份：

本次大會研討場次及發表論文篇數最多者即是此部份，共有21項主題，探討主題：氣候變遷與供水、質與量之評估、決策模式之應用、旱災管理、水再用、水機構之改革、流域管理、永續利用水資源之

方法、總體水資源管理、都市設計、用水效率、水資源管理法令及政策、套裝規畫工具之應用、跨國性水管理、社區及公眾參與等，對應於國內今年因缺水而發生之各項水資源相關討論議題，可謂十分相近，可見水資源整合管理是全球關心之議題，以旱災問題為例，旱災將導致民眾痛苦、重大經濟損失及環境衝擊，美國中西部及東南部曾於1988年發生嚴重之旱災，包括：農業、能源、交通、觀光、娛樂等業之總體經濟損失高達400億美金，由於旱災的嚴重性，因此美國於1998年由環境保護署訂定「國家旱災政策」(National Drought Policy)，要求將「旱災」視為「危機管理」之一種，並成立「國家旱災防治中心」及「國家旱災政策委員會」，對應於IWA前身之IWSA及美國AWWA1988年迄今之歷屆年會暨論文研討會議或相關出版刊物，也已有相當之討論，因此，若國內相關單位能借重其他國家經驗，及早擬具旱災管理之短、中、長期政策，採取必要之防範措施，或許可有效減輕以後若發生旱災時，對國內之各項衝擊，其他研討之主要議題也可列為政府施政研究之參考。

#### 2、有關「公用事業管理及經濟性」部份：

為本次大會研討場次及發表論文篇數次多者，共有13項主題，由探討主題：克

服決策困境之策略、水工業之國際標準架構、雙贏之採購程序：策略性外包及特許經營之方法、建立公用事業與用戶及社區間之新關係、服務效能評比與標準、投資、定價及經濟改革、公用事業經營權移轉案例研究、提昇機構及公部門效能、以環境敏感法建造及管理蓄水庫、公用事業之管理及法規、領導才能之發展、危機反應、規畫及操作系統等可知，由於全球之公用事業均具有獨佔性，所以大多仍為公營性質，如何提升公部門經營效能是在經濟自由化思維潮流下必須努力以赴之方向。

就自來水業務之經營方面，由於自來水供應具有強烈之壟斷性及公益性，是一國工商業發展不可或缺者外，其水質更影響人民之健康，故除歐洲之英、法兩國屬私營比例較高外（法國之自來水係從19世紀開始有民營公司介入經營，英國則約從1989年開始由公營轉成民營），大多仍為地方政府或自治團體經營，尤其是大型供水系統以公營為主，小型供水系統則部份為民營。而經營規模由於為求供水安全性，跨區域聯絡供水網路增多，致自來水經營單位發生重組合併或購併情形漸增，即經營規模日益擴大，而且不少之自來水經營單位係將污水系統一併納入經營，這些自來水經營單位也為求提高競爭力，將部分業務（如淨水場建設及操作合約、工

程技術服務、資產管理、用戶服務系統等）逐步開放民營企業參與，而經營自來水業務之民營企業，具規模者大多依法申請成為股票上市公司，以利擴大經營規模及籌措資金，並藉由各種管道宣傳或提供贊助經費，以宣揚自來水民營化之優點，而各國自來水業務是否開放民營？那些部分業務可逐步開放民營企業參與？均有其特定之決策背景，並非可一體適用，而受限於「水價」之訂定均非自來水事業所能掌握，故目前民間參與自來水經營最多者乃是「建設合約」（Build Contracts，例如BOOT，BOT）及「操作合約」（Operational Agreements），另外有「外包合約」（Contracting Out），「管理合約」（Management Contracts），「租賃合約」（Leasing or Affermage），「特許經營」（Concession）等方式。

值得一提者，有些政府單位雖擁有自來水事業之所有權，但並不介入自來水業務之經營，而是從管理之角度制定各種法規，以英國為例，在環境部下設置「Director General of Water Services」及「Drinking Water Inspectorate」，「Environment Agency」以促進自來水事業之合理經營及保障民眾之用水權益，而對於水資源開發及管理、水資源保育、水污染防治、防洪、水權分配等則屬公權力應介入者，則以流域管理角度成立專責單

位掌管。

再者，不管自來水之經營形式為何，「水費」收入均是最重要之一環，令人訝異者，包括美國英國澳洲等在內之許多國家其國內部份地區的自來水並非以「水錶」計費，而是以「戶」計費，而許多低國民所得國家是免費提供自來水，導致自來水資源之浪費及缺乏經營效率，甚至最後無法經營，就此點而言國內應是相當進步之系統。而「水價」之訂定均非自來水事業所能掌握，均需經過政府相關法定程序才能決定，因此「水費」之調漲並非易事，尤其是將「消費者」引進「水價」決策程序中，已成一種趨勢，故越來越多的自來水事業體認此點，紛紛加強與用戶溝通之管道，主動發佈、登載各項用戶關心之議題，此點由各國自來水事業單位之網站就可看出此種趨勢，而民眾最關心者乃自來水事業經營效能問題（例如水質、水量、漏水率、水費、冗員、資產運用效能等），因此收集各國自來水經營現況與本國之經營效能比較，建立自來水服務之標準系統等均是必須努力之方向。

### 3、有關「系統規劃及管理」部份：

為本次大會研討場次及發表論文篇數第三多者，共有10項主題，由探討主題：先進資訊科技之應用、公共建設之設計、免開挖技術應用、配水系統操作維護、IWA效能指標之應用、供水安全管理、漏

水之防止、配水系統水質維護、資產管理等，可知如何於自來水系統規劃時，將先進之資訊科技納入於自來水事業之管理上，乃是一大要務。

所謂產業沒有「高科技」及「傳統」之分，而只有「創新」與「不創新」之分，而產業欲求「創新」，資訊科技之應用係不可或缺之一部份，例如：應用免開挖技術，可避免明挖施工時造成之各項無形社會成本之支出，而施工成果可藉由機器人攜帶光纖視鏡，透過監視器而予以監看。

又如建立GIS化之管網水質、水量監控系統，以利供水安全管理、漏水監測、水質維護、管線搶修等業務之有效推動，另，自來水事業乃為「資本密集」之產業，龐大之資產如何有效管理？如何建立良好之資產管理系統？是當前許多自來水經營者關心之要務，這些業務均有賴資訊科技之應用。而利用資訊科技提升工程建設之規畫、設計、施工、監造等品質，雖然早已被個別使用，但在e時代裡強調者乃在將各項數據做有效收集、整合、分析，進而轉化成有效資訊，提供決策者參考，再進而整合各相關資訊變成自來水事業經營之「專業知識（Know-How）」，將傳統之自來水事業蛻變成「知識型」自來水事業，因此如何將資訊科技結合網路（例如遠端監控、寬頻視訊等系

統)及軟體(企業資源管理-ERP、客戶關係管理-CRM、電子帳單付款服務-EBPP、供應鏈管理-SCM、知識管理-KM)應用,納入整體自來水系統規畫中值得進一步思考。

#### 4、有關「飲用水處理」部份：

本次大會研討場次共有9項主題,探討先進飲用水處理技術之應用、混凝-過濾及砷之去除、混凝及過濾、微量污染物、薄膜程序、地下水復育及管理、微生物之降低、自然有機物、消毒副產物等。其中UV技術、薄膜及離子交換技術等,由於設備功能之改進、新法規之實施、用戶觀念之改變,促使該等處理技術愈來愈受重視之趨勢,例如歐洲部份地區用戶不願接受自來水中殘餘消毒劑味道時,便改變用UV消毒,新離子交換樹脂可應用於去除水中有機物,經由新再生處理技術,可將離子交換樹脂繼續回收使用等。

而目前各先進國家對飲用水處理之觀念已從單一方面之「處理技術」,改進為以「多重屏障」(Multi-Barrier)角度,即從原水到清水全程監視及管理水質、立法及政策之架構、公眾參與、水質標準、科學技術研發、飲用水處理、配水系統等整合性努力,來確保民眾之用水安全,尤其防止水源受污染,乃為保護自來水水質之最重要之一項工作,將集水區內之可能污染予以排除、減少或控制,將可有效提升

整體水質安全。

#### 5、有關「開發地區之供水服務」部份：

本次大會研討場次共有8項主題,探討如何援助開發中國家、經營權之特許、微生物問題、國際水協會及聯合國環境計畫技術轉移、受污染水之復原、水之保育、水之需求及標準、水之管理、水價策略等。我國臺灣地區係屬已開發區域,自來水建設從1898年迄今已有一百多年歷史,自來水普及率已接近九成,人民早已將自來水視為理所當然之事,然而世界上仍有將近14億人口無法獲得潔淨之飲用水,有將近29億人口無法獲得安全衛生之供水服務,因此每年有將近5百萬人(大部份為兒童)因缺乏衛生飲用水而導致死亡,這種因缺乏衛生飲用水而導致死亡之情事,隨者地球暖化現象及人口激增問題將日趨嚴重。

而我國現存許多友邦多為開發中國家,由於缺乏經費,其國內之自來水普及率均不高,國內也仍有一些地區(偏遠山地部落、鄉村、都會區之鄰近零星地區),或由於接水意願低落、或由於接水費用昂貴,迄今仍未接用自來水,欲大幅提高這些地區之普及率,也需龐大建設經費及後續運轉維持費用,但由於自來水建設是資本密集事業,越缺乏自來水地區,乃越貧窮地區,根本無法支應龐大建設支出,也無力支付水費,除非接受其他國家

或政府之補助，因此從國際人道援助出發，協助友邦建設其自來水系統，代之以提供金錢援助，應是可以考慮之外交方式。

#### 6、有關「致病污染物」部份：

共有2項主題與自來水相關，探討公共健康法規及內分泌破壞者。尤其「內分泌破壞者」(Endocrine Disruptors)可能對人體內分泌系統之正常運轉產生危害，是最近幾年被注意關切之致病污染物。

所謂「內分泌破壞者」(Endocrine Disruptors)係指某些化學物質會干擾動物，包括哺乳類動物、非哺乳類動物(如魚、兩棲類動物、爬蟲類動物及鳥類)及無脊椎動物(如蛇、龍蝦、昆蟲等)內分泌系統(endocrine system or hormones system)運作功能之化學物質，內分泌系統包括腺體及所產生之荷爾蒙，係控制人類及動物之生長、發展、生殖及行為，這些內分泌腺體包括：腦垂體、甲狀腺體、腎上腺體、雌性卵巢、雄性睪丸等，荷爾蒙是生化學物質，由內分泌腺體所產生，經由血液系統傳送到身體各部指揮各部之運作。破壞這些複雜之內分泌系統將導致一些不良影響，例如，某些化學物質會模仿正常之荷爾蒙，而促使身體作出異於正常之反應或於不當時間反應，某些化學物質會阻斷身體對荷爾蒙之正常反應，而某些化學物質會直接刺激或抑制內分泌系統導

致荷爾蒙分泌過量或不足，某些藥物則被研發出來產生此種效果，例如避孕藥丸，而研究指出其他魚類及野生動物已受到此類物質之影響，導致生長不正常及繁殖功能受損。

據統計這些會破壞內分泌系統之化學物質，每年約有上千種被研發生產出來，而產量最多的前2000種，每年生產量約有100萬磅，這些物質經由各種管道：空氣逸散、廢水排放、廢棄物處理、污水系統、土壤滲透等等，進入水源系統，由於其僅需微量就可對人體產生影響，而微量分析鑑定技術困難，因此自來水系統對其處理能力如何仍待加以詳加研究。

目前這些會破壞內分泌系統之化學物質包括：男性荷爾蒙、女性荷爾蒙、甲狀腺係主要研究之焦點，另外，據研究有機氯化合物(Organochlorine Compound，例如PCB、DDT、Dieldrin、Chlordane、Aldrin、Kepone、Mirex、Endrin、Toxaphene、Endosulfan、Lindane、Methoxychlor、Dicofol、Dienochlor、Heptachlor)，也對干擾內分泌系統之正常運作，亦需加以注意。

#### 7、有關「第十一屆IWA致病微生物」部份：

共探討9項主題，包括：休憩用水水質、水媒流行病之經驗及教訓、流行病學、微生物污染源、消毒、梨形蟲及隱孢

子蟲之基因、定量風險評估及模式、寄生原生動物、開發中國家之微生物問題等，配合當前生化科技之進步，已有國家（例如法國巴黎）逐步將致病生物之基因檢測或生化代謝物檢測技術，應用於配水系統之水質監測，以快速取得水質資訊，作最快之因應。而由於人民對戶外休閒娛樂之重視，例如海水浴場、游泳池、溫泉、湖水、河水、三溫暖等休憩場所之用水水質安全漸受重視，例如日本發生溫泉區之退伍軍人症案例等，均值得加以重視。

#### 四、建議

(一) IWA 係目前全球有關水資源有效利用之最重要非政府組織（NGO）之一，在當前國家外交處境艱難，而國家資源有限情形下，有效整合政府各單位（包括外交部、內政部、經濟部、環保署、教育部、國科會）之力量，積極輔導相關民間社團（例如自來水協會、環境工程學會等）及大學院校參與每二年一次之IWA年會及論文發表會，以增進各國對我國之認識及了解，拓展非官方之友誼關係。

(二) 政府相關主管部門（例如經濟部，環保署，國科會等）應主動居中協調整合，集中有限資源，發揮國家整體力量，主動協助民間社團及大學院校爭取在臺灣辦理大型國際研討會，藉此

擴展臺灣與世界上著名非政府組織間之關係，爭取國際合作及友誼，兼及增進航空業、觀光旅館業、餐飲旅遊業等之商機及就業機會。

(三) 「水」係國家寶貴資源，而如何藉由整合管理之方式，永續經營此項資源，係相當重要之國家政策，國內目前多頭馬車式，管理與水相關問題之政府組織形式應速改善，而將水資源納入政府組織改造中擬成立之環境資源部，應是相當正確之方向。

(四) 「水工業」係全球相當重要之產業，從水源開發至用戶水龍頭之間，每一段「價值鏈」過程均環環相扣，也蘊藏著無限商機，端視自來水事業之經營者如何切入，據概估全球水服務之年產值概在一千億美金以上，政府實應重視此項產業之軟、硬體發展，列為重要之國家產業。

(五) 國內兩大自然水事業單位之經營規模及產、銷合一之經營方式，係國際上相當具規模者，如能與國際間具聲譽之知名水服務公司合作或策略結盟，加強國際交流及人員訓練互訪，以培訓及提昇自來水專業化服務之經營技能。

(六) 水資源之有效利用是全球關心之事務，政府相關主管部門及自來水事業單位應多編列適當預算，還派合適人

員，積極參與國際上重要組織（例如 IWA、AWWA、JWWA）之研討會（可透過網路收集相關研討會訊息），以吸收其他國家之經驗，至少應編列預算，訂購相關之論文集或出版刊物，也可藉由資訊網路付費訂購電子資料庫資料，以因應業務發展之需求。

(七)由於自來水供應其有強烈之壟斷性及公益性，目前各國仍以公營為主，而經營規模有日益擴大趨勢，並將污水系統納入經營，為求提高競爭力，可考慮民間參與自來水經營方式有建設、操作、外包、管理、租賃、特許經營等方式。

(八)「水費」收入乃自來水事業經營是最重要之一環，「水價」之訂定需經過政府相關法定程序才能決定，因此「水費」之調漲並非易事，而將「消費者」引進「水價」決策程序中，已成一種趨勢，故自來水事業應加強與用戶之溝通，主動說明民眾關心之議題，定期發佈各項經營資訊，並著手建立自來水服務效能之標竿系統，收集各國自來水經營現況與本國之經營效能比較，以爭取消費者之支持。

(九)在資訊發達之e時代裡，強調資訊之有效運用，已是自來水事業創新經營所必備之工具，因此宜將資訊科技結

合網路及軟體應用，納入整體自來水發展規畫，使「自來水從業人員」轉變成「自來水專業知識工作者」，傳統之自來水事業蛻變成「知識型」自來水服務產業。

(十)從國際人道援助出發，協助友邦建設其自來水系統，代之以直接提供金錢援助，應是可以考慮之外交援助方案，而國內偏遠山地部落、鄉村、都會區之鄰近零星地區之自來水供應，也應由政府編列資本支出預算及水費補助預算，以照顧偏遠地區民眾之用水權益。

(十一)國內民眾一般缺乏正確使用藥物之觀念，尤其偏好國外藥物，因此藥物濫用情形應相當嚴重，而在下水道普及率偏低，水源普遍受污染情形下，「內分泌破壞者」(Endocrine Disruptors)對供水系統之影響應予注意。

(十二)由於人民對戶外休閒娛樂之重視，對海水浴場、游泳池、溫泉、湖水、河水、三溫暖等休憩場所之用水水質安全值得加以重視，而將致病生物之基因檢測或生化代謝物檢測技術，應用於配水系統之水質監測，以快速取得水質資訊，可作為未來應用之參考。

## 國際短波

- 一、世界銀行已核准一項四千三百五十三萬美金的貸款給黎巴嫩政府，來提昇貝魯特東北方八十五公里處的古羅馬城市——Ba'albeck 及其周邊區域的供水與廢水處理系統，本項計畫藉由強化當地水主管單位的效率及提供私部門參與水和廢水設施的操作、維護，進而擴大Ba'albeck 及其周邊城市的供水與廢水收集的普及率。
- 二、亞洲開發銀行核准一項美金四百萬元的補助，來提昇亞太區域的水管理政策業務，本項補助將用於亞洲開發銀行會員國間的區域性的合作，以及增進亞洲開發銀行水部門的營運。預計辦理的活動包括：水部門在城市、郊區及鄉村的各項創新方法。
- 三、美國環保署署長Christie Whitman女士已簽署一項草案，來管制營建工地的暴雨逕流，以降低施工過程的水污染問題。本草案包括：結合現行聯邦及州的暴雨管理法規，以進一步提昇建築工地的有效管理，另外，進而支持州及地方政府的土地管理政策。
- 四、美國環保署研究發展處與墨西哥Veracruz州政府已簽署一項協定，共同合作執行墨西哥灣海岸的監測及評估計畫，本項計畫的目的在評估Veracruz州的海灣區域的生態環境，以進一步地提供作為環境管理措施效益評估的基準。本項計畫是美、墨兩國共同開發墨西哥灣的第一個國際計畫。
- 五、根據Frost & Sullivan 國際市場顧問公司的最新研究報告顯示，缺水及爆炸性的人口成長，將會因亞洲海水淡化市場的擴張而抵消其不良影響。這項研究指出，在2001到2005年間，亞洲的海水淡化市場，將從五億零八十萬美金，每年以11%的速度成長。
- 六、Zenon環境公司已取得一項合約，應用其先進的薄膜技術來處理Traverse市及其鄰近五個城市之都市污水，這將是北美地區最大規模之污水薄膜處理廠，本項總價一千萬美金之合約，將於目前之活性污泥處理場中使用Zenon公司所開發之ZenonGem技術。
- 七、美國環保署發表一項集水區保育工作效益的研究，該項研究從1975年到1998年，歷時廿三年，運用創新的方法，結合立視圖資料及衛星影像來評估紐約市水的提供來源——Catskill的土地環境、德拉瓦州的水域。

八、全球環境設備管理委員會（Global Environment Facility，GEF）核准一項工作計畫，即提供一億三千七百萬美金給二十個總價值為六億一千零九萬美金的環保計畫，其中三個計畫的重點是國際間發生的水問題，這些計畫值二千八百零八萬美金，包括有：控制墨西哥及中美洲的瘧疾帶原者之區域性DDT替代物行動及實證計畫、減少殺蟲劑逕流入加勒比海之研究和GEF在多瑙河／黑海流域的營養投資基金的策略夥伴關係等。

九、歐洲共同體委員會盛讚最近在Mallorca舉行的非正式的環保委員會，各國部長對土壤保護所作的承諾。緊接在六月的正式會議後，將展開一項極富挑戰性之計畫，此將獲致針對土壤監測及防止主要土壤污染威脅之行動方案等正式之計畫草案，俟後歐體委員會將推動具前瞻性之多項保護土壤方案，包括：空氣、下水污泥、堆肥及採礦廢污等。

十、亞洲開發銀行同意提供一項八十萬美金之補助給菲律賓政府，用於強化馬尼拉給水及污水系統之操作及管理單位之功能，此項計畫將協助相關管理人員確認公平及透明之財務及技術法規等法律定機制及相關之法律事務。

十一、英國籍顧問公司Mott MacDonald已

獲得中國浙江省都市發展計畫室之委辦，協助設計及取得中國沿海省分多城市發展計畫所需之安全財源。此項四億美金計畫之目的在解決浙江省主要都市之水供應、環境管理及史蹟區域之發展及保護等問題，以提供作為永續成長及發展之藍圖，並兼顧文化資產之保護。Mott MacDonald公司將領導國際性團隊，包括：泰晤士國際水務公司（Thames Water International）、香港大學及多家獨立顧問公司，本項計畫之草案將於2002年11月完成後，向世界銀行提出貸款申請。

十二、Haestad Methods公司已展開美國首次為供水設施單位舉辦之風險評估管理方法學（Risk Assessment Methodology，RAM）之訓練課程，以響應支持美國國土安全計畫（Homeland Security），供水設施之風險評估管理方法學係由美國Sandia國家實驗室及美國自來水協會研究基金會所共同研發完成，主要提供供水設施單位作為防制恐怖份子攻擊及污染水源之參據，以確保供水之安全。

（本文取材自國際水協會所出版之WATER 21 August，2002，本刊編輯李丁來摘譯）

