

自來水會刊雜誌第二十五卷第四期(100) 目錄

特載：

自來水會刊雜誌發行 100 期誌慶·····	李錦地·····	1
「自來水會刊雜誌第一百期」與自來水季刊·····	陳耀楠·····	3
自來水季刊發行 100 期感言·····	駱尚廉·····	5
臺水公司現代化之規劃·····	徐享崑、王明傑·····	6
臺水公司面臨之挑戰與對策·····	黃慶四·····	18
自來水水質管理之新趨勢·····	葉宣顯·····	25

專門論著：

小斑馬魚避險行爲於原水毒性生物監測之應用研究 ·····	呂珍謀、賴泉基、顏昶妃、邱憲龍、劉貞材·····	29
---------------------------------	--------------------------	----

實務研究：

管橋安全檢測及評估·····	吳陽龍、范川江、陳昭明·····	44
自來水淨水廠營運智識支援系統之建置與推廣·····	林秀麗·····	57

一般論述：

鯉魚潭給水廠污泥含砷原因探討·····	吳勝雄·····	69
---------------------	----------	----

一般論述：

參加「國際水協會第五屆世界水大會」—談水危機管理、漏水改善及 市場經濟·····	鄭錦澤·····	77
---	----------	----

附錄：

自來水會刊雜誌 1~100 期目錄·····		101
------------------------	--	-----

自來水會刊雜誌發行 100 期誌慶

李錦地*

中華民國自來水協會所發行「自來水會刊雜誌」，為國內唯一之專業性自來水刊物，舉凡自來水有關之學術論著、實務研究、工程技術、營運管理、法規宣導及國內、外重要之文獻，靡不窮搜廣集，編譯出版，以饗我自來水各界讀者，其間亦闢有「感性園地」，供會員抒發人生感想及生活點滴，頗受會員歡迎。發刊迄今，可謂無時不以揭櫫自來水之大纛，提供一專門性、知識性的資訊天地並廣為傳播，深受自來水產、官、學各界人士之重視與好評。

中華民國自來水協會其前身為台灣省自來水協進會，乃係自來水界前輩先賢們，鑑於當時台灣省內部各水廠均屬獨立作業，為促進各水廠間之業務連繫，相互密切合作，於民國三十九年六月向政府申請核准立案之社會團體。設立之初，為期能統一宣導自來水業務發展、工程技術、營運管理及行政法令之介紹，避免人力、物力之浪費，進而協力發展全國自來水事業，基於上述之願望，即同時決定發刊「自來水」會刊。民國三十九年十二月出版第一卷第一期，刊名「自來水季刊」，由於時、空之

演變曾多次更名：五十三年更名為「台灣自來水」、五十七年為「自來水」、七十一年更名為「自來水會刊雜誌」迄今，刊名雖經多次更迭，然其旨一脈，皆以研討「自來水」為其範疇。

中華民國自來水協會除代表國家參加 IWA 國際水協會議及亞太地區自來水年會、年度推動自來水技術、管理有關之各項研究案、每年度舉辦自來水節慶祝大會並同時邀請國內學者、專家舉行自來水研究論文發表會外，多年來年度均編列百萬元預算，敦聘國內自來水界精英組成編譯出版委員會，致力於本刊物之發行，以為我國自來水事業發展力盡棉薄。

為實踐二十一世紀環境資源之永續發展理念，國際水協波昂宣言，本會自需應因國際趨勢，以及我國自來水逾百年來發展歷程所特有經驗及特質，為提升未來工程技術、經營發展、政策法制等健全發展，以及自來水充份供應可口適飲水質，滿意服務及緊急應變裕如等之水準，本期刊必須廣徵國內、外學者、專家之文稿論著，以供國內自來水從業人員研發、實務經驗成果及切磋交流，

*中華民國自來水協會理事長

以發揮本會刊專業功能。

欣逢「自來水會刊雜誌」發行一百期，與有榮焉，承蒙 編譯出版委員會葉主任委員宣顯教授囑託為序，藉以申祝「自來水會刊雜誌」源遠流長，在緬

懷自來水界先賢們，筆路藍縷，艱苦創業的歲月之餘，更期盼「自來水會刊雜誌」爾後能不斷的刊載有關自來水重要文獻、論著，對我國自來水事業發提供更多獻替。

「自來水會刊雜誌第一百期」與自來水季刊

陳耀楠*

「自來水會刊雜誌」編輯李丁來兄來電說，自來水季刊要出第一百期，邀請我寫一篇短文。時間過得真快，自來水季刊在民國七十年底重新向政府登記，民國七十一年二月十七日以「自來水會刊雜誌」之名義正式向外發行第一期以來，已經滿 25 年，要發行第一百期了。

回想以往，我與自來水期刊之因緣相當長，民國五十五年第一次投稿，民國五十七年第一次參加編輯出版委員會為委員，六十三年開始擔任總編輯，直到民國七十六年交棒給陳榮藏兄為止共擔任 13 年，其間共出版 44 期之自來水

季刊，其中民國七十年以前向內發行之「自來水」及向外發行「自來水會刊雜誌」各半，亦即各 22 期，也就是說「自來水會刊雜誌第一期」正式對外發行是我擔任自來水季刊總編輯之中間點。在此 13 年中，我注重的是：嚴格遵守每年二、五、八、十一月之出版日期，儘量介紹國內外自來水實務文章，俾自來水界同仁能夠了解利用。

何謂自來水季刊？與「自來水會刊雜誌」有何不同？對現職之自來水界人員而言，恐難了解，故對自來水季刊之歷史列表，並說明如下：

刊物名稱	發行期數	起迄年（民國）	總編輯	發行機購
台灣省自來水季刊	55	37~51	周泗	台灣省自來水協進會
台灣自來水	8	53~56	董培祐	台灣省自來水協進會
自來水	29	57~70	沈元肇、陳耀楠	中華民國自來水協會
自來水會刊雜誌	100	71~95	陳耀楠、陳榮藏 謝啓男、李輝雄 劉廷政	中華民國自來水協會

*前台灣省自來水公司協理，目前退休。

「台灣省自來水季刊」係正式向政府登記對外發行，計價每期 10 元，每年 32 元。1 年 4 期為 1 卷，13 年未曾間斷，一直到民國五十一年九月發行第十三卷第三期，後因財務困難而停刊。因停刊時間超過法定期限而被撤銷登記。

「台灣自來水」為半年刊，靠廣告收入對內發行，為會員服務，五十六年為配合自來水法之公布，台北市變成院轄市，並為進入國際自來水協會，「台灣省自來水協進會」解散，另行成立國家級之「中華民國自來水協會」，自來水季刊亦配合改名為「自來水」，仍靠廣告收入對內發行。因財源不足關係，僅能在每年十一月的自來水節發行 1 期。民國六十三年台水公司成立，民國六十四年將

器材檢驗交由協會辦理，充裕其財務後，民國六十五年開始恢復季刊形態，每年二、五、八、十一月之十七日發行。

「自來水會刊雜誌」係「自來水」季刊已正常發行了 5 年，乃在民國七十年度正式向政府辦理登記，自民國七十一年二月十七日發行之第三十期，改名為「自來水會刊雜誌」第一期對外發行。因協會財務甚佳，除繼續免費贈送會員外，因對外發售數量不多而未訂價。

由以上之歷史回顧，各位自來水協會會員就可理解自來水季刊之過去與現在，「自來水會刊雜誌」第一百期，以自來水季刊發行歷史而言應是第一九二期。希望自來水季刊能永續發行，供應台灣自來水界更多平實應用之資訊教材。

自來水季刊發行 100 期感言

駱尚廉*

第一次與「自來水季刊」有親密接觸，記得是在民國 71 年的第四期，當時我在台大土木系擔任講師，就美國國家研究會安全飲水委員會所提之報告「飲用水與健康」及國內外有關自來水水質的相關文獻，整理的一篇「自來水水質要求之檢討」，順利接受刊出再第四期的第一篇，很快地又接到台大土木系學長謝啓男先生的電話，邀請我在當年自來水年會的下午時段，專題演講這個題目，還記得從台北往台中的公路局車上是既興奮又緊張，會上有許多自來水的前輩前進，也對我提出應修正或新增的自來水水質項目及限值，提出熱烈討論與看法，個人深深覺得受益匪淺。

之後，也陸續投一些文章至「自來水季刊」，包括最近幾年參與世界水協會（IWA）國家代表會議或出席雙年會會議的心得報告，但已漸漸覺得從「自來水季刊」獲得的要比我投入的要大得多了。我是一直留在學校從事教學與研究的一份子，在自來水實務經驗上較為欠缺，因此，「自來水季刊」的閱讀對我補充專業與實務知識與經驗而言，是非常重要的，等於從我投入學術界至今，「自來水季刊」伴隨我成長與豐富教學所需之教材。欣聞「自來水季刊」即將發行滿 100 期，感謝歷年主編及編輯委員的辛勞，也預祝「自來水季刊」更能發揮知識與經驗傳承的功能，受到廣大讀者的喜愛。

臺水公司現代化之規劃

徐享崑¹、王明傑²

一、緒言

本公司轄區供水普及率已由 63 年之 42%，提高至 94 年底之 90%。本公司成立迄今，辦理各項工程，涵括新竹科學園區供水、澄清湖高級淨水場工程……等，不勝枚舉。

本公司經濟行為之利益，並不歸屬本公司所得，而係具有促進工商繁榮及地方發展之外部經濟效果。

陳總統指出經續會所獲致的結論一定要有宏觀的視野與歷史的深度，必須著眼於台灣未來 5 年、10 年，甚至 20 年的發展，為台灣的永續經營積極地尋找利基的所在。行政院為回應當前人民迫切需求，因應社會經濟發展趨勢，整合經續會決議，擬定 2015 年國家經濟發展願景之大投資、大溫暖計畫，第一階段三年衝刺計畫。計畫分為五大套案，涵括產業發展、人力資源、金融市場、公共建設、社會福利。其中，「三年衝刺計畫公共建設套按計畫」揭示「水水水、方便行、好生活」等目標。

本公司準此原則研擬「2015 年經濟發展願景及第一階段三年衝刺計畫——公共建設套案計畫~『不缺水計畫』」暨

「現代化整體計畫」。

本文之作，乃先就「現況」(What to Be)與「預期成果」(Will Be)作比較，由而探討造成該「差距」(Gap)的原因(Why)，並尋求「改善對策」(How to Do)，另輔以「配套措施」冀期確保成果的實現。

二、外在環境之變化及存在之問題

(一)外在環境之變化

- 1.新水源開發不易，水權取得困難。
- 2.經濟發展迅速，人民生活水準提高，對自來水之水量、水質需求提高。
- 3.水源水質日益惡化。

(二)存在之問題

- 1.水源不穩定。
- 2.管線老舊，漏水嚴重。
- 3.財務負荷沈重。
- 4.防災應變能力有待加強。

綜合言之，為因應外在環境丕變，本公司經營任務之內涵在於「穩定、安全、可靠之供水」，易言之，「不缺水」即是本公司現階段的首要任務。

1. 台灣省自來水公司 董事長
2. 台灣省自來水公司 企劃處管理師

三、計畫大綱

(一)計畫編擬原則

1.「重要性」原則(ABC Control Principle)

以重要性、急迫性而言，水量足、水質優、服務好分列第一、二、三順位。易言之，本計畫首先辦理「充裕水量、穩定供水(量足)」，次重「提升水質(質優)」，末求「即時資訊(服務好)」。

2.「可行性」原則(Feasibility Principle)

考量本公司每年度最大執行能力約 120 億元左右，故本計畫每年經費約 100~150 億元。

3.「政策優先」原則(Policy - Priority Principle)

本公司針對經濟部水利署在「2015 年經濟發展願景及第一階段三年衝刺計畫—公共建設套案計畫~水水水」中提出「滿足生活及產業用水需求，降低缺水風險」之「不缺水」目標，分提「現代化淨水場計畫」、「自來水連通管計畫」、「降低漏水率計畫」、「提升普及率計畫」以為呼應【其中，因「提升普及率計畫」屬無自來水地區供水改善及提升國家形象之一部分，故未納入本計畫中】。

(二)自籌項目

1.固定資產投資擴建工程計畫

為滿足全省用水量持續成長及民眾

對水質要求提升，乃研擬新建現代化淨水場以全面提高供水品質。係為公司營運發展所需，擬自籌經費辦理。時程為 98~103 年，經費約為 8 億元。

2.產水設備更新計畫

為維持供水水質及水量之穩定正常，維護現有設備正常營運操作所需。時程為 96~105 年，經費約為 30 億元。

3.總水量計管理現代化計畫

為有效掌控各控制點水量，透過即時網路資料庫，隨時提供各種查詢，達到真實的讀取表值資料之目的，為現有供水計量管理所需。時程為 96~103 年，經費約為 6 億元。

4.產水高級處理設備計畫

為使淨水場具有因應水源水質變化能力，係為公司營運發展所需。時程為 99~105 年，經費約為 250 億元。

5.深井工程計畫

補充不足水量及滿足全省用水量持續成長，穩定水量，係為公司營運發展所需。時程為 96~98 年，經費約為 2 億元。

6.攔河堰更新工程計畫

為確保進水口取水之正常功能，防止攔河堰下游持續淘刷，維持攔河堰穩定安全，時程為 96 年，經費約為 2 億元。

(三)政府投資項目及其理由

1.自來水連通管計畫

為供水系統間相互連通支援，希能利用有限資源，在乾旱、暴雨或其他特殊情況下，做有效之調配運用達到調豐濟枯之目標，避免局部地區再產生缺水問題。時程為 96~102 年，因無法增加實質營收，擬請取政府預算投資 78 億元。

2. 新建現代化淨水場計畫

為配合政府重大公共建設，如水庫興建、科學園區開發等而辦理之下游供水計畫或自來水設施。或已列入國家 2015 經濟發展願景計畫。因屬政策性投資。擬爭取政府預算投資支應。時程為 97~104 年，經費約為 261 億元。

3. 小區管網建置計畫

為使有限經費能發揮最大效益，積極研擬有效降低漏水率之最有效策略，期能以系統化、標準化之步驟，藉由小管網建置逐步汰換台灣地區舊漏自來水管線。時程為 96~104 年，擬請取政府預算投資 30 億元。

4. 管線更生計畫

本公司過去背負政府積極提升普及率之政策，多採用經濟管種，且水價長期不合理致財務拮据，逾齡管線達 30% 仍無力正常辦理管線更生，因此漏水率居高不下，除浪費水資源外，亦徒增生產成本。時程為 96~104 年，擬請取政府預算投資 440 億元。

5. GIS 建置計畫

藉由地理資訊系統等現代化電腦及網路技術，協助進行自來水管網圖資之電腦化管理及供水管網監控等增值應用，可達逐步提升服務品質及增進營運效益之目的。時程為 96~104 年，擬請取政府預算投資 30 億元。

6. 自來水系統監控整合工程計畫

為提升供水品質及營運績效實有整合監控系統之必要，屬整體水資源調配規劃。時程為 96~105 年，擬請取政府預算投資 64 億元。

四、全省管線連通-自來水連通管計畫

(一) 計畫概述

近五年來，本公司持續建置北、中、南各供水區連通管線，如北區之北水處至板新、汐止連通管、桃竹雙向管線；中區之鯉魚潭北送苗栗、大台中支援彰化連通管；南區之烏山頭場支援嘉義及南化淨水場支援高雄等計畫。未來將持續推動連通管計畫俾將區域水資源作有效調度，以期平均滿足各系統用水需求，並逐步建置完成全省連通管線。希能利用有限資源，做有效之調配運用，達到以豐濟枯之目標，避免局部地區產生缺水問題。自來水連通管位置圖詳如圖 1。

(二)時程及經費

時程為 96~102 年，擬請取政府預算投資 78 億元。

(三)預期效益

- 1.增加全省連通管約 153 公里。
- 2.建立區域間連絡管線，於平常時期可調豐濟枯。
- 3.於颱風或暴期間可視狀況支援缺水區域。
- 4.減少工業民生因缺水造成之有形無形損失。

五、淨水設備現代化

(一)新建現代化淨水場計畫

1.計畫概述

為滿足全省民生及工業用水需求，提升民眾生活品質及促進工商發展，未來計畫配合建置現代化淨水場及相關管線設備，以求穩定、安全之供水品質。

2.時程及經費

時程為 97~104 年，擬請取政府預算投資 261 億元。

3.預期效益

- (1)增加自來水出水能力每日 170 萬噸。
- (2)改善水質，提高民眾生活水準。
- (3)擴充產水能力，滿足未來用水成長。
- (4)提高人民對政府照顧之感受。

(二)固定資產投資擴建計畫

1.計畫概述

為因應全國民生及工業用水持續增長，以滿足工商發展所需及確保民眾生活品質，計畫自行籌資興建及擴建淨水場及相關設備，以達到不缺水之目標。

2.時程及經費

時程為 98~103 年，擬自籌經費約為 8 億元辦理。

3.預期效益

- (1)增加自來水出水能力約每日 13 萬噸。
- (2)擴充產水能力，滿足未來用水成長；
- (3)提高人民對政府照顧之感受。

(三)產水設備更新計畫

1.計畫概述

本公司現有 581 處產水設施，因每天 24 小時不停的運轉，需視設備運轉情況機動辦理更新，當產水設備性能不佳或故障時，隨即進行沉砂池、膠羽池、沉澱池、過濾池、清水池、廢水池等淨水設備及儀器局部汰舊換新，以恢復原有設備出水能力，維持供水水質及量之穩定正常。

2.時程及經費

時程為 96~105 年，擬自籌經費約為 30 億元辦理。

3.預期效益

維持產水設備出水能力達每日 1056 萬立方公尺，確保供水水質及水量供應之正常穩定。

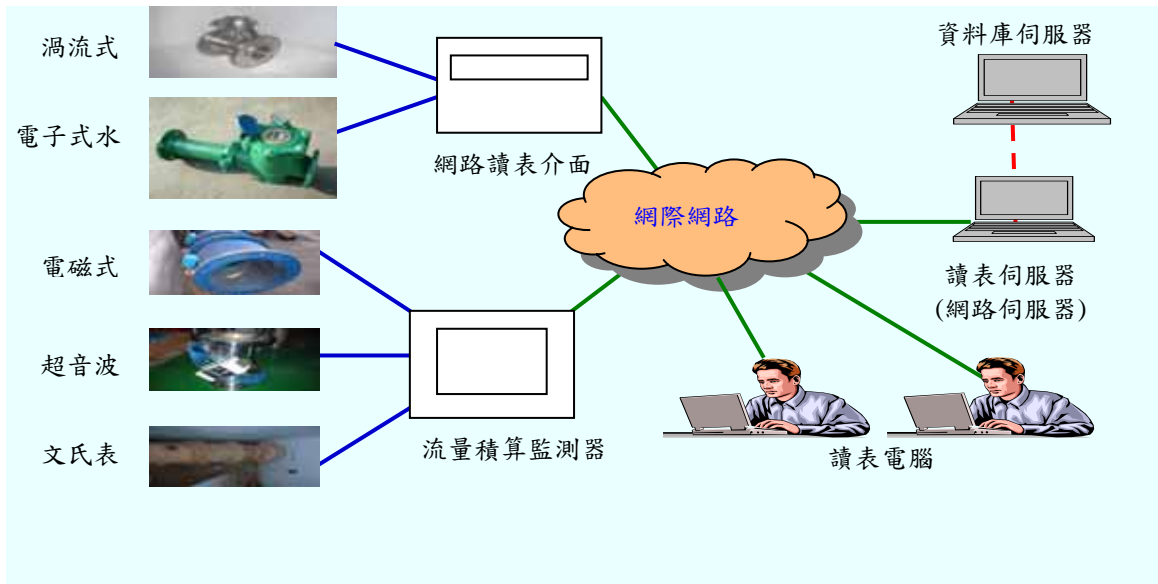
(四)總水量計管理現代化計畫

1.計畫概述

為有效掌控各區域之原水取水量、淨水場處理量、出水量、配水量、乃至重要用水戶抄見量，將水量計（原水、

出水、配水表等）之表值資料，透過各種通訊方式，即時存放在網路資料庫，隨時提供各種查詢服務，使管理者與決策者掌握供水系統(含場站)之營運狀況，避免人工抄表數據失真，達到真實的讀取表值資料之目的，符合出水量數據真實、正確之現代化管理要求。總水量計管理現代化示意圖詳如圖 2。

圖 2. 總水量計管理現代化示意



2.時程及經費

時程為 96~103 年，擬自籌經費約為 6 億元辦理。

3.預期效益

即時掌握產水設備之出水狀況，達到現代化管理要求。

(五)產水高級處理設備計畫

1.計畫概述

為建立多重屏障(Multiple Barrier)淨水處理系統，加強水源水質監視暨監測，更新舊有淨水設備處理系統(含增設前處理設備，淨水場廢水處理、污泥脫水設備)提升功能，增強儀控暨場站操作自動化，增設必要之高級淨水處理

設備，使淨水場具有因應水源水質變化能力，提升其清水水質之口感、味覺等適飲性品質，並建置現代化模型場研究設施、水質自動採樣檢驗分析設備及檢驗能力並可因應未來更嚴格之水質標準。

2.時程及經費

時程為 99~105 年，擬自籌經費約為 250 億元辦理。

3.預期效益

使現有 11 處大型淨水場每日出水能力約 559 萬立方公尺之產水設備現代化，提昇國民生活品質及對水質安全之信心，進而促進工作生產力及國際競爭力，提昇國際形象。

六、管線更新

(一)小區管網建置計畫

1.計畫概述

預定平均每年建置 100 個小區，合計 9 年建置 900 個小區管網。建置完成後，抄見率偏低者進行檢修漏或管線更新，直至每個小區漏水率低於 10% 為止。小區管網作業流程圖詳如圖 3。

2.時程及經費

時程為 96~104 年，擬請取政府預算投資 30 億元。

3.預期效益

透過小區管網建置之手段，足以量化及有效管控漏水量降至 10% 以下，爾後與自動監控設備結合，隨時瞭解供水區之供水情形；將維修停水範圍縮小，減少破管時流失之水量，對水資源的維護將有莫大之幫助。

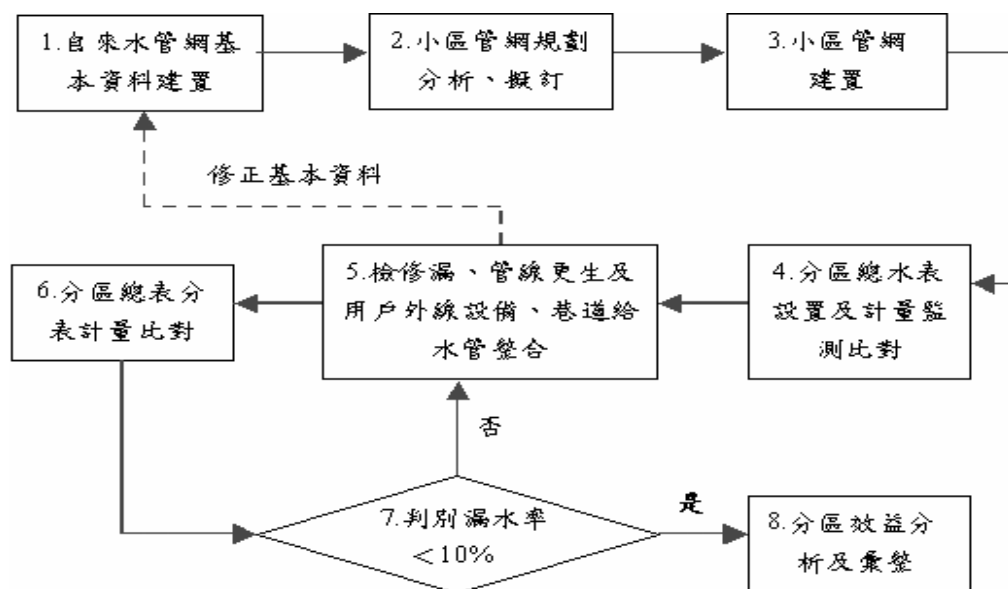


圖 3. 小區管網作業流程

(二)管線更生計畫

1.計畫概述

台灣是全世界排名第 18 的水資源匱乏國家，管線漏水倍受矚目。若無加速管線更新，缺水問題將更形惡化；本計畫預計每年可降低漏水率 0.5%，9 年共可降低 5%。

本計畫分 9 年投資，辦理約 7,040 公里之管線更新及整體管線基本資料的建立、管材耐用化及巷道給水管之整合等作業。

2.時程及經費

時程為 96~104 年，擬請取政府預算投資 440 億元。

3.預期效益

根據日本東京之經驗，每降低漏水率 1%約需台幣 150 億元，考量二國消費水準及邊際效益等經濟因素，本計畫約可降低漏水率 5%。

減少水資源浪費，維持穩定水壓、水質，減少管線破漏，降低社會成本等非量化效益。

(三)GIS 建置計畫

1.計畫概述

藉由 GIS (Geographic Information System) 及網路技術，協助進行自來水管網圖資電腦化管理，可達逐步提升服務品質及增進營運效益之目的。

未來規劃配合世界 GIS 發展趨勢，調整本土發展加值業務，使本公司地理資訊系統發展經驗及成果，不僅適用台灣地區，同時可放眼國際而具參考價值。

2.時程及經費

時程為 96~104 年，擬請取政府預算投資 30 億元。

3.預期效益

供水調配最佳化：建立水力分析模式，確保輸配水管網系統之完整與安全性，達到供水調配最佳化目標。

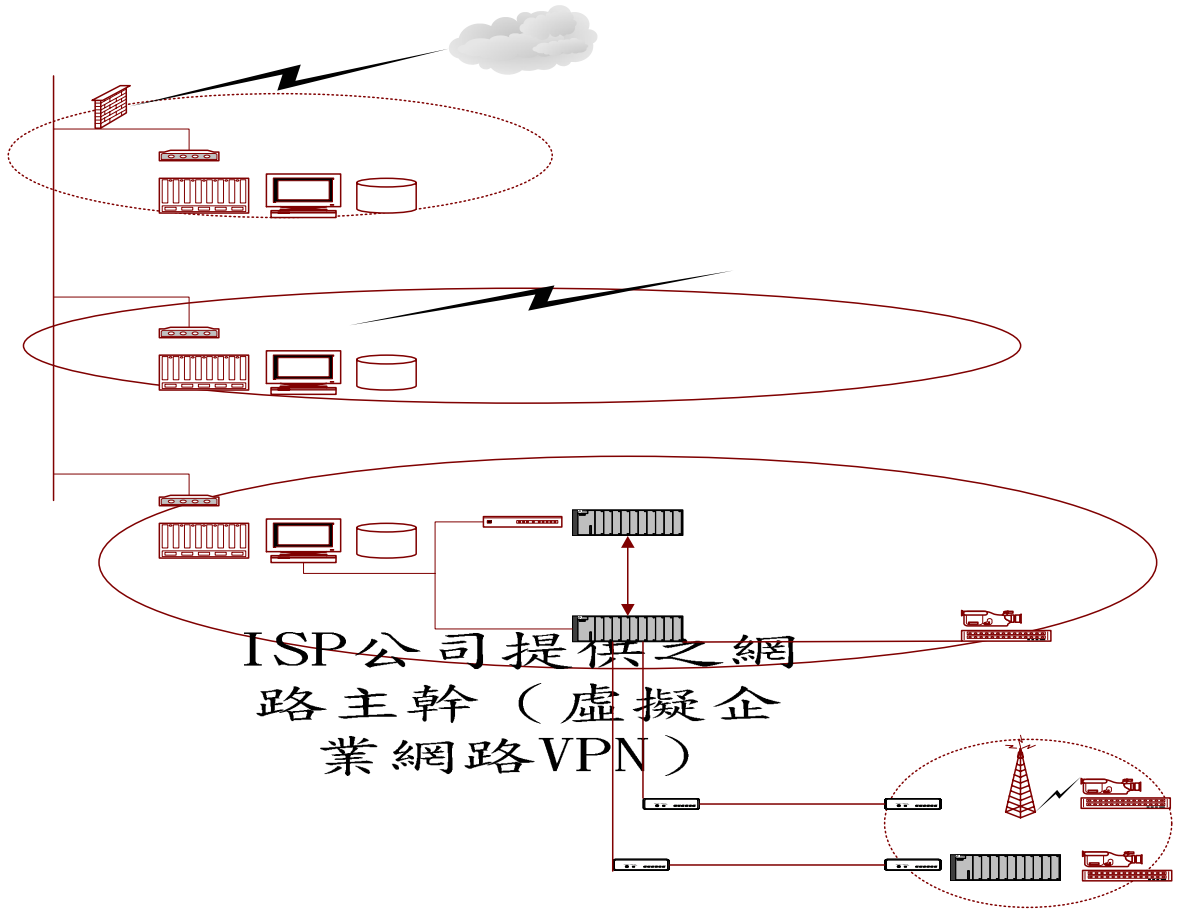
營運監控自動化：建立管網分析與監控及資料擷取系統 (SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition)，即時監控及處理供水系統異常情形。

七、監控系統整合-自來水系統監控整合工程計畫

(一)計畫概述

本計畫為期 16 年，透過促參方式引進民間專業技術與經驗，建置並協助營運本公司整合後之監控系統。預定整合 (含新建)本公司全省 12 處集中控制中心、109 處分區控制中心及 3000 處監控站。使本公司能即時掌握各區原水、淨水、配水狀態，並滿足區域性與跨區調配供水需求。自來水系統監控整合工程系統架構圖詳如圖 4。

圖 4. 自來水系統監控整合工程系統架構



ISP公司提供之網路主幹 (虛擬企業網路VPN)

防火牆

八、水源工程

WEB

(二)時程及經費

時程為 96~105 年，擬請取政府預算投資 64 億元。

(三)預期效益

本計畫完成後，本公司總管理處、各區管理處及各淨水場可同步於第一時間內掌握管網狀況，達到原水水質監視、淨水操作及供水監控的功能，並可強化緊急應變能力及提升供水調度靈活性。

(一)集線器

1.計畫概述

因地面水每遇豪雨原水濁度暴增，造成供水不穩定。本計畫可做為高濁度時應急使用，並可因應工商業發展供水需求日漸成長，補充不足水量；另部分深井老化，需重鑿深井，以維持正常供水。

2.時程及經費

SCADA+WEB

數據機

TCP/IP

S
資

S
資

時程為 96~98 年，擬自籌經費約為 2 億元辦理。

3. 預期效益

本計畫係為因應深井使用逐漸老化所作之更新、替代工程，可滿足苗栗、彰化、嘉義及高屏等地區供水正常，提升供水品質；為滿足並穩定民生用水需求，提升供水品質，仍應持續辦理。

(二) 攔河堰更新工程計畫

1. 計畫概述

因八掌溪每逢豪雨上游大量沖刷，本公司竹山進水口攔河堰嚴重受損，無法正常穩定取用原水，為確保攔河堰壩體之安全及穩定取水，而辦理本計畫。

2. 時程及經費

時程為 96 年，經費約為 2 億元。

3. 預期效益

確保仁義潭水庫竹山進水口攔河堰壩體之安全及穩定取水，以維嘉義地區供水正常。

九、財務計畫

(一) 甲案

由政府投資 997.94 億元(含其他非自來水公共建設現代化計畫工程 95.49 億元)，且給水收入按現行水價時

本案以 95 年初編預算之單位水價 10.7973 元估計給水收入，並獲得政府投資 997.94 億元之資金挹注，雖預估未來 10 年(96~105 年)累計虧損將高達 227.63 億元，然而借款餘額則由 96 年

初為 511.07 億元，至 105 年底為 504.08 億元，呈持平狀態，債務未增加。故本方案不但可解決本公司目前設備老舊問題並朝現代化發展，且債務亦維持在一定水準，顯然有助於公司未來永續經營和發展。

(二) 乙案

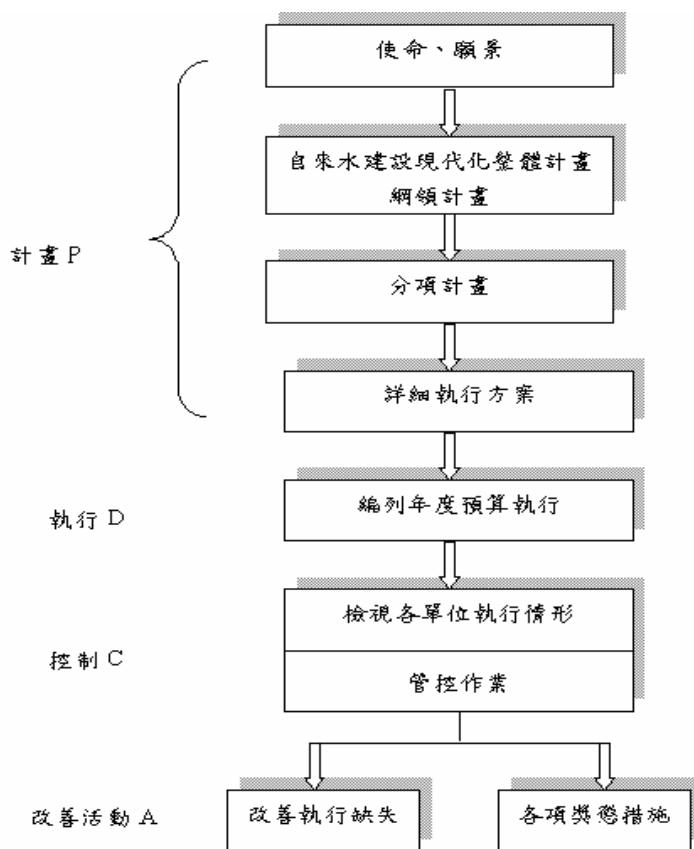
政府僅投資已承諾較確定之非自來水公共建設現代化計畫工程 95.49 億元，且給水收入按現行水價計算。

以 95 年初編預算之單位水價 10.7973 元估計給水收入(未來財務狀況詳表 9-13 至 9-16)，預估未來 10 年(96~105 年)累計虧損將高達 338.77 億元，借款餘額由 96 年初為 511.07 億元，至 105 年底為 1,517.83 億元，十年債務計增加 1,006.76 億元；給水投資報酬率由 96 年為 -2.28%，至 105 年為 -6.04%，財務狀況明顯惡化，將嚴重影響正常營運，故若水價無法及時獲得合理調整，屆期本自來水公共建設現代化計畫之資本支出惟有大部分仰賴政府投資或補助，否則將因無充裕資金，致無法如期達成政府政策性及公司永續經營之目標。故為避免影響資金籌措及正常供水業務，各項專案計畫應就重要性之優先順序酌減或暫緩執行。

十、配套措施

(一) 管控機制

管控架構如下圖。



(二)風險管理

1.財務風險及管理

- (1)推動水價合理化，改善財務結構。
- (2)維持穩定經營形象，以便資金籌措。
- (3)強化資金調度靈活性，防範財務危機。

2.工程風險及管理

(1)本計畫之工程風險及管理可依(a)前置期(b)興建期(c)營運期三階段，分析「風險因子」、評估「風險程度」，並研提「風險管理措施」。

(2)分散或移轉財務、政治等內控、

外部風險，本公司應採取之風險管理措施，涵括(a)加強固定資產投資計畫之評估(b)加強與上級機關、地方政府、民意機關的密集溝通與協調，並取得民眾的合作與諒解(c)嚴選廠商及審慎訂約(d)落實勞工安全衛生及環保法令(e)加強內部檢核及內控作業，以確保本計畫順利完成。

(三)行政及支援事項

- 1.科技研發。
- 2.人才延攬培育。
- 3.出國考察。
- 4.其他設備之增設。

(四)有待協助事項。

- 1.生態環保及水土保持工作之加強。
- 2.上級機關之協助。
- 3.水價之適時、合理調整。

十一、預期效益

- (一)供水能力由 94 年的 1,056 萬 CMD 增加至 104 年的 1,239 萬 CMD(增加 183 萬 CMD)。
- (二)全省管線連通，供水區域間互通有無，以穩定供水，減少缺水機率。
- (三)漏水率由 94 年的 23.66%降低至 104 年的 18.00%。
- (四)完成即時資訊系統，即報即修，提升服務品質，增加經營績效。

十二、結語—為生民立命

民眾對自來水之需求，先求其「有」，次求其「好」，終求其「美」。有者，水量之充分供應；好者，水質之安全、衛生；美者，服務品質之提升。

隨著時代演進，自來水事業之任務

由提供「量足」之飲用水，進而提供「質優」之飲用、工業用水及優良之服務品質。易言之，自來水事業之經營，須吻合時代脈動，因應時代需求，與時代共呼吸，方能永續經營。茲因供水穩定性、安全性對用戶影響大，且涉及公用性、外部經濟效果，故政府基於對民生必需品、產業原料之提供，實有投資自來水建設的必要。

本計畫乃配合中央「2015 年經濟發展願景及第一階段三年衝刺計畫——公共建設套案計畫~『不缺水計畫』」並以「公共利益」為依歸，藉助五大綱領計畫(涵括 12 項分項計畫)，期能達到(一)水量之充分供應(二)水質之安全衛生(三)服務品質之提升等目標。該等分項計畫環環相扣，彼此連貫，且須輔以必要配套措施(諸如建請政府投資 903 億元)，方可確保「不缺水」的效益目標。

本公司有信心克服諸多困難，完成任務。畢竟，這是本公司之願景、使命，亦乃本公司「為生民立命」的神聖任務。

臺水公司面臨之挑戰與對策

黃慶四*

壹、前言

自來水之普及、供水之穩定性、水質之安全衛生，在在都是衡量一個國家是否達到已開發國家之指標，本公司即扮演提供穩定可靠民生用水，充裕穩定工業用水，提供優質產業環境，提升產業競爭力的重要角色，公司於 63 年 1 月 1 日成立，合併 128 個水廠經營至今，供水普及率已由 63 年當時之 42%，提高至 94 年底之 90%，對於民眾「量」的滿足，其貢獻榮獲肯定。

迄今本公司仍需兼負政府所負予之配合各項開發，提升供水普及率之投資、偏遠地區供水建設、市政、消防、國中、小學之優惠用水，國防平時及戰時需求及離島供水等任務，又因經濟發展及環境的變化所產生之挑戰及問題，本公司除需提供「量」的滿足外，必須更進一步滿足用戶提供「穩定、安全、可靠之民生及工業用水與優質產業環境，以提升產業競爭力。

貳、目前所面臨之挑戰及問題

一、挑戰：

(一)水源因受天候及地形影響具高度不穩定

近幾年來全球氣候異常，勞旱頻率逐年上升，水土保持工作認知不足，致集水區水源涵養能力降低，造成水庫淤積嚴重。

(二)水質受天候及人為因素污染變化大

地面水源濁度每逢颱風暴雨屢創新高，超過淨水場處理能力(最大處理能力為 500NTU)，納莉颱風濁度最高達 15 萬 NTU，每遇颱風或豪大雨時，地表水原水濁度驟增，淨水場面臨減量出水。

另超量廢污泥(超過平常數千倍)處理及污水下水道工程尚未普及，致家庭污水逕排入河中等棘手問題正讓公司原水水質產生相當大變化。

(三)水資源匱乏，新水源開發不易，水權取得困難，成本高

台灣是全球排名第 18 的水資源匱乏國家，亦常因民眾之抗爭及水源遭受污染嚴重，致適合取用之新水源日稀，且水權取得困難，目前水資源開發成本高達 25 元/噸，使得成本日益升高。

(四)科技發展迅速，人民生活水準提高，對自來水之質、量需求提高

*臺灣省自來水公司總經理

台灣地區由於經濟發展迅速，人民生活水準提高，各項用水需求急速成長，為使產業根留台灣，積極開發水資源並加強調配，辦理自來水設備更新、擴建工程，為水資源開發主管單位及本公司當務之急。

二、存在之問題

(一)漏水率偏高

過去為積極提高供水普及率多採用經濟管種，迄今已逾 30 年，由於自來水公司財務拮据，逾齡管線(約佔 30 %)無法適時汰舊換新，造成漏水率居高不下，目前台灣漏水率達 23.66%，遠高於各國漏水率(新加坡 6.4%、德國 7%、瑞士 7%、荷蘭 9%、法國 13%、美國 15%、日本 7.1%)，國際水協會建議管線要維持漏水率不再提升，汰換標準必須每年在 1.5%以上，本公司近 10 年每年平均汰換率僅為 0.98%。

(二)水價長期偏低，自有資金不足

本公司水價已逾 10 餘年未再被獲准調整，近五年給水投資報酬率偏低(近 5 年分別為 90 年 0.45%、91 年-0.30%、92 年 0.03%、93 年-0.42%及 94 年 0.10%)，均未達法定 5%~9%。

由於水價長期偏低，水價接近成本，在長期缺乏盈餘挹注下，無法累積自有資金，致多項興辦計畫皆以貸款方式辦理，債務逐年增加，截至 95 年 6

月止借款餘額高達 490 億元。

水價不調漲造成之負面影響有投資不足，致無力辦理管線更新、造成用水浪費、供水質、量無法提升、需長期仰賴政府補助或投資，排擠公共建設、使得自來水永續經營受到很大的影響。

(三)供水應變能力不足

遇颱風豪雨，原水濁度驟升，供水調配能力不足，目前正因應儘速建構應變機制及備援系統，

(四)用戶對服務品質要求提高

消費者對服務要求的深度、廣度及內容不斷提升，而過去政府為提高普及率，重視水源開發及普及，偏重生產導向，在普及率提升後，角色應積極調整，除持續提供量足、質優之自來水外，更應進行管理制度的革新，重塑企業文化，調整員工心態，以顧客導向為依歸。

(五)政策性任務負擔

依國營事業法之規定，國營事業必須以事業養事業，但自來水事業因其經營特性，需負擔沈重的政策性任務如下有離島供水、市政、消防、國中、小學之優惠用水及全省消防栓經常性維護、偏遠地區供水建設、配合各項開發案之投資如區段徵收、高鐵、科學園區供水等、提高供水普及率之投資及國防平時及戰時的需求等，每年政策性因素所減收金額合計約 12.73 億元，對公司盈虧

影響重大。

(六)資訊化管理需求提高

目前產業進入知識經濟時代，決策者需掌握各項充分即時資訊，以應環境變化及實際需求，對 e 化企業環境，提升決策品質的需求提高。

(七)公司內部組織問題及管理問題

組織功能、制度不易隨環境改變作適當調整欠缺彈性，人力資源缺乏有效規劃與運用，人員老化，面臨經驗傳承及斷層問題，未有效建立傳承機制，而政策性投資，政府未能補貼，須由公司自行吸收，嚴重影響公司財務狀況，經營成本日益提高，財務狀況不佳。

參、對策

自來水公司在面臨環境的多項挑戰及內在問題，目前正朝穩定供水、經營管理及資訊科技顧客服務及多角化拓展四個面向，研擬執行下列各項對策：

一、穩定供水面

(一)充裕穩定供應民生及工業用水，提供優質產業環境，建設台灣科技島

1.針對高風險供水地區桃園、新竹、台中、高雄及澎湖地區建立管線備援供水系統，含：

(1)全省管線連通計畫，期程為 96 年至 102 年，經費：134 億元，埋設長度：138.54 公里。

(2)區域連通管備援計畫，期程為 96 年至 100 年，經費 19 億元，埋設長度：56.94 公里。

2.全省區域供水整體規劃

(1)新建現代化淨水場計畫，期程：96 年至 103 年，經費：269 億元，供水能力可由 95 年的 1,056 萬 CMD 增加至 105 年的 1,436 萬 CMD(增加 380 萬 CMD)。

(2)產水設備更新計畫，期程為 96 年至 105 年，經費：30 億元。

3.充裕穩定供應科學園區及工業區供水：辦理竹科宜蘭基地、中科台中基地、后里基地、雲林基地、南科高雄基地、其他工業區工業用水供水工程，期透過備援系統建立及供水系統整體規劃，滿足上述園區及工業區用水，以促進產業發展。

(二)強化供水風險管理，提高緊急應變能力，以穩定供水

- 1.自來水系統監控整合系統之建置，期程為 96 年至 105 年，經費 45 億元，整合全省 109 個控制中心，3,000 處監控站，提供即時量、質、壓訊息，供調配決策之用，以加強供水操作及調配，提升水源使用率。
- 2.於 94 年 10 月起成立全省供水調配中心之成立，以因應乾旱或緊急災變相互支援。

3.緊急應變機制運作及防災演練

依據「災害防救法」第 19 條規定，並參照「災害防救基本計畫」相關內容，本公司訂定「災害防救業務計畫」，並奉經濟部核定在案，各項運作、應變計畫之執行、速報之通報、預警機制之即時處理、媒體與地方政府之連繫等工作，均適時配合減輕災害及事故損失，利用網際網路分享提供緊急應變相關訊息，提供決策支應，期使各項災害及用戶不便程度降至最低。

(三)自來水管網改善更新及配水總表正確計量，積極降低漏水率

- 1.加強自來水管線更計畫，預計 96 年至 105 年投入 500 億元經費，汰換 8,500 公里管線，並藉由小區管網建置計畫、管線更生計畫、地理資訊系統(GIS)建置計畫及年度檢修漏計畫四個構面之聯合運用，預期將漏水率將由 94 年的 23.66%，降低至 105 年的 18.00%。
- 2.總水量計管理現代化計畫，預計由 96 年至 103 年投入 6 億元經費，將全省約 2,923 只水量計資料透過即時網路資料庫，隨時提供各項查詢服務，以掌握產水設備之出水狀況，有效監控流量正確性。

(四)提升用水品質，加強水質安全監測

行政院環保署為提昇民眾用水品質，近年來陸續修訂飲用水水質標準，降低濁度、色度、氨氮、餘氯、砷、總硬度及總溶解度固體量之最大限值，針對不符合該等標準之淨水場必須辦理改善，另為使淨水場具有因應水源水質變化能力，提升淨水水質之口感、味覺等品質，以因應未來更嚴格之水質標準，本公司研擬「產水高級處理設備計畫」預計 10 年投入 328 億經費，以加強各地區大型淨水場(計 19 場，每日產水約 726 萬噸)之水源水質監視及監測，建立多重屏障(Multiple barriers)淨水處理系統，提升淨水處理系統功能，增設必要之高級淨水處理設備及模型場研究設施，以提升民眾用水滿意度及對水質安全具信心。

二、經營管理面

(一)建立優質化組織，活化人力資源及培育主管人才

- 1.組織架構調整：強化以客為尊之組織設計，配合國營事業體制之調整，建立創新、彈性、有應變能力的組織結構，目前已完成第一階段調整並函報經濟部核定中。
- 2.人力規劃及培育：在短期於面公司現正進行人力評鑑、閒置人力處理、行政人力調整，未來將依未來業務發展及工作需求，修正公司員

額設置標準，積極培植具有發展潛能之優秀人才及企業接班人，活化人力資源，人員進用年輕化，以降低員工年齡及用人費用。

(二)落實貫徹責任中心制度，提高經營績效

落實分權化管理，釐清營運單位之績效責任：全省 12 個區處為利潤中心、3 個工程處及員訓所及總處及各處室為費用中心、2 個水表場為成本中心，一、二級責任中心單位合計 344 個，94 年起另推展至股級單位。

透過責任會計制度及績效資訊回饋系統定期管控財務性指標、非財務性指標及資本支出，定期召開檢討會議分析差異研提改善對策，將績效評核與獎懲獎金制度相結合，以激勵員工士氣，自 92 年施行以來，已為公司營運創造績效，降低成本，並為每年創造超預算盈餘之佳績。

(三)推動試行「淨水場自我營運效能評估制度」

透過基本資料建置，建立本土化淨水處理效能評估，建立「營運智識支援系統」，以有效管理各淨水廠操作資料，提升淨水處理功能，穩定供水，95 年試行「淨水場自我營運效能評估制度」及委外研究建立「營運智識支援系統」，全案預定 95 年底前完成初步建置及試

行，預計 96 年 6 月底前完成。

(四)推動全面品質管理(TQM)

本公司進行中之品質管理措施有水質檢驗室之品質保證及品質控制(QA 及 QC)認證及品管圈及標準化作業手法進行工作場所之問題改善，目前亦積極辦理全面品質管理制度導入及建立，其層面涵蓋領導、策略規劃與創新、顧客與市場、人力資源管理、過程管理、資訊與知識管理、整體品質管理系統、總體經營績效制度的建立。

(五)加強研究發展及科技技術研發引進

過去每年經費均低於 3,000 萬元，未來四年擬逐年提高，預計 95 至 98 年總經費四年合計編列 2 億元，以加強創新研發，未來將設立研發單位並研擬整體科技發展計畫，做為企業發展之技術指引。

(六)委外辦理業務及與廠商履約管理之檢討與規劃

為因應人力不足，降低成本，提高經營績效，落實專業分工化，公司已進行目前委外辦理或營運之項目以及履約管理檢討評估(含委外收費作業、委外抄表作業、澄清湖高級淨水廠委託操作、鳳山淨水場水質改善 ROT 案、海水淡化廠委託經營及偏遠地區場站委外操作)。

對於未來委外經營案件將依評估準則以耗費人力較多且偏重於事務性工作

者為首要考量條件，並要求兼顧公司服務品質及減少委外作業風險，若屬核心業務，為減輕委外營運風險，宜保有適當自有員工人力，以助業務經驗之承繼或遇委外緊急狀況之因應，至於具自償性、專業技術、公益性，未來如有需求再視個案進行評估。

(七)落實投資計畫之可行性評估及執行管控

省屬時期因未規定投資計畫必須辦理可行性分析，致無依據辦理投資計畫評估，改制國營後公司係依國營事業相關規定辦理計畫評估及審議、計畫執行及管控、計畫完成之效益評估，另為加強投資計畫之評估，發揮投資效益及計畫之可行性，本公司已於第一階段「組織功能調整架構」案中，於企劃處增設「投資策略組」，專責辦理有關投資計畫評估事宜。

(八)落實內部控制制度及檢核作業，降低營運風險

建立八大循環及其他相關制度之內部控制制度及 SOP（標準作業程序）做為各項作業之控管準則，透過巡迴檢核及專案檢核發掘營運缺失提出改進措施，落實分級檢核，降低營運風險，強化自主管理。

(九)水價合理反應成本，健全財務結構

水價長期無法合理反應成本，造成

投資不足，未來將配合政策及經續會決議合理反應成本並加強供水及漏水率之改善，未來水價調整後之價格應能反映能源、水資源價格，調整方式為：基本用水量以下微調或不調整，拉大累進費率、訂定季節差別水價、促成節約，調整幅度超過 30% 時，採分年調整。

三、資訊科技及顧客服務面

(一)單一窗口化作業

各服務（營運）所實施電子化連線作業，用戶申請案件予以自動化，由受理、繳費及取據等各項服務在同一櫃台即可完成，除可減少用戶臨櫃申請等待時間，並提供即時連線之查詢服務，設置全功能服務櫃台，實施抽號碼單「一處收件、全程服務」

(二)便捷多元繳費服務

本公司不斷開拓多樣化便捷用戶之繳費通路，以達到「繳費無障礙、服務不打烊」之境界。目前已開辦之繳費措施如下：

- 1.預繳水費。
- 2.委託郵局、金融機構轉帳扣繳水費。
- 3.委託金融機構、各大超商臨櫃代收水費。
- 4.利用電話語音、行動電話繳費。
- 5.利用信用卡、網路繳費。
- 6.大電視（MOD）家庭金融繳費，只要是中華電信大電視（MOD）客戶，使

用銀行所發之晶片金融卡即可在家繳費，省時又方便。

(三)客服中心 (Call Center)

各區管理處所在地均已成立用戶服務中心專責受理民眾報修漏、無水反應、水質問題、用戶申辦、水費計算、水費突增、內線漏水、節約用水及服務態度等相關申訴案件之受理、追蹤及回報用戶，目前並已提供即時的線上電腦作業服務：於各基層營運（服務）所建置用戶服務中心資訊系統上線，藉由電腦作業方式以提升服務品質，96 年為落實本公司「自來水公共建設現代化」政策，將引進 CTI 電腦電話整合系統，將各區處用戶服務中心轉型為數位化客服中心 Call Center，使更有效率運用現代化資訊科技，提供用戶更滿意的服務。

(四)建構整合性資訊發展架構，推動企業 e 化

預估至 95 年至 100 年將投入 37 億經費，完成五年資訊發展計畫，建置應變計畫知識管理智庫作為決策支援系統。整合完成智慧型自來水管理系統計畫。

四、多角化產業拓展面

(一)深耕本業外，兼顧關聯性多角化事業之推廣

國內自來水業因水價多年無法獲合理調整，致本公司財務窘困，故除深耕本業外，善用公司各項企業資源以增闢

財源之多角化經營，應予積極推動，目前正進行包裝水、研擬自行設廠產製淨水用藥「聚氯化鋁廠」、淨水污泥資源化再利用、不動產活化、自來水技術服務團等多項多角化推廣計畫。

(二)水利產業夥伴關係之建立

加強與水利相關產業（水的生產與供應業、水工程、水器材、水服務、水休閒產業）的合作與水利產業相關產業之拓展與開發

肆、結語

水公司 63 年成立之初，首要任務為拓展自來水普及率，讓民眾皆有水喝，歷經 30 餘年努力，有水喝之目的於本省大部分地區已然滿足，並讓民眾感受到政府施政之德政。惟近年來水公司經營環境丕變，加以水源不足、管線老舊、漏水率偏高、水價長期偏低，自有資金不足及供水應變能力不足等內部存在問題之威脅，穩定可靠供水已為民眾殷切企盼之目標，為完成「提供用戶量足、質優之自來水需求，達成永續經營」之使命，本公司須朝「公共建設現代化」、「公司組織優質化」、「經營管理多元化」等三大方向變革，透過上述四個構面的作法與對策，相信在台水的優質領導及團隊下定能達成穩定安全可靠供水，提供民生及工業優質生活及產業環境，建設台灣科技島之終極目標。

自來水水質管理之新趨勢

葉宣顯*

一、前言

目前我國對自來水水質管理之方法，除自來水事業機構自行之品管外，主要由地方政府之主管機關(環保局)，依飲用水管理條例及其施行細則，定期或不定期由配水系統內採樣分析，以視其是否符合飲用水水質標準。

但此種水質管理之方式，是否能確保大眾飲水之安全，亦不時受到質疑。其中包括所採分析水樣體積一般只佔整個系統供水量之一小部份，是否有足夠之代表性？以檢驗指標微生物(如大腸菌群)代替致病菌，是否能確保微生物性之水質安全？又管末檢驗之結果常常多在水已被使用後才出爐，並無法真正保護消費者，只能做亡羊補牢之用。

國際水協會 (International Water Association, IWA)，在過去幾年裡面結合先進國家之飲用水主管機關、自來水協會及國際知名研究中心之專家，共同來討論如何製定一套飲用水安全管理之基本架構，以確保消費者飲水之安全，且此一架構，要同時用於已開發及開發中國家。

專家們討論之結果，建議將在食品工業已經實施多年，且已獲得國際認可之危害管理系統 HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point)導入飲用水管理系統，HACCP 之目的在避免或減少在食品生產及處理過程中可能存在之危害，對人體健康所帶來之損害。主要是要建立一套防治控制系統以確保產品之安全，並減少對最終產品檢驗之依賴。

在 2004 年 9 月於摩洛哥舉行之 IWA 世界水大會中，IWA 發表 The Bonn Charter for Safe Drinking Water，同時世界衛生組織(WHO)亦公佈第三版之「飲用水水質指引 (Guidelines for Drinking Water Quality)」，這兩個文件均認為飲用水之安全管理，應基於為維護人體健康所建立之目標，同時強調集水區、水源、淨水廠、配水管線以至於用戶水龍頭之整體安全概念。建議各國將「飲用水安全計畫 (Drinking Water Safety Plans)」納入飲用水管理機制中。安全計劃之重點在於各個供水系統先對其整個系統，由集水區至用戶龍頭，做一整體之評

*國立成功大學環境工程系教授

估，找出可能危害之處，及有效之控制點。其次擬定管理計畫，包括日常操作及緊急事件發生時之對策，以將危害減至最小。同時要由獨立之第三者針對飲用水安全計畫執行之成效進行評鑑，以爲追蹤改進之依據。

二、飲用水安全管理架構下各部門之角色及責任

要確保一個公共給水系統之安全，政府、自來水事業機構、管理機關及用水大眾間，雖然各有所司，但必須彼此之間坦然溝通，通力合作，才能達成。

(一)政府之職責

政府之主要工作在於建立相關之法律及管理架構，以確保公共給水之安全及可靠性。所以政府應該：

1. 建立具公信力的獨立飲用水水質管理系統。
2. 保護水源。
3. 建立相關機構及其間協調機制，以對付由水源以至於用戶龍頭可能發生之水質危機。
4. 確保上述機構有足夠資源及經費來執行其任務，包括取水、淨水及輸配水系統等基礎建設及籌措所需經費。
5. 建立對供水系統及水質之定期驗證機制，且使驗證結果透明化，相關資訊公諸於眾。

6. 確保自來水事業機構建立適當且可被稽查之會計制度。

7. 基於安全飲用水爲國民之基本權利，建立社會政策以確保所有之國民均可得到此一服務。

(二)自來水事業機構之職責

自來水事業機構在供給安全及可靠之飲用水上扮演關鍵之角色。其職責爲：

1. 協同相關機構，建立並執行「安全飲用水計畫」，包括從集水區至用戶龍頭。利用適當之操控及偵測方法定期檢視其執行成效。
2. 建立水質檢驗系統，以視是否符合法規之要求，同時將結果公諸於眾。
3. 列出所有之供水成本(包括維修及折舊)，並確保在政府已建立之財務架構下，做適當之投資。
4. 確保員工有足夠能力與適當訓練。
5. 維持符合政府規定之適當及可被稽查之帳務。

(三)管理機構之職責

獨立且具公信力之管理機構係建立消費者對供水水質及可靠度信心之首要。其主要工作爲：

1. 基於現有最佳科學證據及消費者需求，就飲用水水質對健康之影響及供水可靠性建立管理制度。
2. 確保水質標準之建立程序透明。
3. 建立符合飲用水水質標準及飲用水安

全計畫之確認(verification)系統，同時確保水質檢驗結果之正確性。

4.確保符合法規要求與否之檢查有完整之報告，且易為大眾所瞭解者。

三、飲用水安全計畫

自來水事業在操作自來水供水系統時，一方面要符合政府主管機關所訂立之水質標準及其他相關法規，另一方面要滿足消費者之需求，包括色、味等美感項目。飲用水安全計畫之擬定及執行，即在確保上述目標之達成。

要擬定一供水系統之安全計畫，首先要組織一個工作團隊，其成員包括與公共給水有關之各領域專家，同時對該供水系統有相當瞭解者。其中包括工程師、集水區管理人員、環境及公共衛生專家、操作人員及消費者代表。在大部分情況下，工作團隊之成員來自不同之機關，同時應包含來自專業協會或大學之獨立代表。

一個自來水系統的安全計畫可能是全系統單一計畫，或是依集水區、淨水場及輸配水系統各有一個計畫。安全計畫之主要內容包括：

(一)供水系統分析及水質數據評估

建立一由集水區至用戶之供水系統之流程圖，蒐集相關資訊及建立供水系統特性之檔案，定期檢討供水之變化。

建立原水、處理場各單元之出水及清水之水質歷史資料檔。由檢視以往之水質資料，可瞭解原水之水質特性，特別在極端事件(如超大豪雨)之後，及處理廠之淨化能力。由水質趨勢分析及控制圖(control charts)，亦可認知供水系統可能潛在之問題及危害。

(二)供水系統危害(risks)之評估

針對供水系統由集水區至用戶龍頭之每一部門，找出可能對人體健康產生危害之物質(hazards)，包括物理、化學、生物性或放射性者之來源及可能侵入系統之途徑。同時評估每一危害事件發生機率之高低，及其嚴重性。

(三)找出關鍵控制點，加以偵測，以減少可能發生之危害

關鍵控制點(Critical Control Points, 簡稱 CCP)係指供水系統及其作業過程中的某些活動、步驟或程序，可經由人為操控，而防止危害之發生，或將其降低至可接受之程度。CCP 之特性為具有可量測之特定參數之臨界值，藉此可瞭解某一動作之有效性，由密集地量測操作參數值，可即時偵測某一程序之失敗(如餘氯值用於消毒程序)；且當監測值偏離臨界值時，有適當之步驟可對該程序之操控加以調整。

(四)操作步驟及程序控制

對集水區至用戶龍頭之整個程序及

每一活動，訂定詳細之操作步驟，並由預先擬定好量測及觀察程序，以確認操作之正確性，並有效防止危害之發生。當經由量測及觀察，發現偏離臨界值情況時，亦訂有及時矯正之措施。對於所使用設備之負荷能力，備載容量及所使用之化學藥劑及材料等均應有所規範。對於緊急事件發生時所應採取之對策，以減少危害的程度，亦應有所說明。

(五)飲用水水質之監測

為確保所有操作步驟及程序控制均正確地執行，且有效地防止危害之發生，必須在配水系統內建立監測系統，包括線上即時偵測儀器及定時之採樣分析，以視是否符合法規之要求。同時亦要注意消費者之滿意度及其反應。

(六)獨立第三者對於危害控制系統有效性之確認

此舉在於進一步加強對於危害控制系統有效性之信心，但不應以此取代自來水事業機構或其他機關之管理責任。

(七)其他相關輔助措施

包括員工之訓練與參與。員工必須有足夠之知識與能力，來執行飲用水安全計畫，自來水事業應該使員工瞭解整個機構之水質策略，供水系統特性，政府之法規要求，本機構之危害防止策略，員工本身及其所屬部門在水質安全及公共衛生上所扮演之角色及其職責。

研究與發展包括對原水水質變化之瞭解與因應，現有處理設施功能提昇，新處理程序及設備之研發，新興污染物之處理及新的水質分析方法等。

(八)紀錄與溝通

飲用水安全計畫下所有之活動，包括計畫之擬定，整個供水系統之狀況，日常及異常狀況下之操控紀錄，水質資料，員工訓練…等均應存有紀錄，由紀錄之追蹤可以瞭解水質之走向，以往操控條件調整之效果，亦為以後操控上之重要參考資料。

溝通方面包括水質標準之透明化，使消費者可以瞭解自己所飲用水之水質。接受消費者申訴與抱怨之管道及處理、回應之程序。平日與社區之互動，與用水知識之提供。緊急事件發生時，向政府主管機構及衛生部門之通報，及透過大眾媒體向社區宣布，或直接與用戶溝通方式等。

參考文獻

1. IWA, The Bonn Charter for Safe Drinking Water, 2004.
2. 2.NHMRC/ARMCANZ, Australian Drinking Water Guidelines, 2004.
- 3.WHO, Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 1. Recommendations, 3rd ed., 2004

小斑馬魚避險行為於原水毒性生物監測之應用研究

Biomonitor of Inflow Toxicity Using Refugee Schooling Behavior of Zebra Fish

呂珍謀¹、賴泉基²、顏玚妃³、邱憲龍⁴、劉貞材⁵

摘要

自來水公司為確保民生用水安全，於淨水場及各水源的取水站設置原水養魚箱毒性監測系統，由監測人員對小魚的游動反應進行全天候監測，其判斷原水水質是否遭受毒物污染之原則係以小魚之死亡率或游動行為是否出現異常斷定之。但因此套原水養魚箱毒性監測系統內部某些區塊會產生流場滯留區，加上小魚天生具有避險特性，這些區塊則成為小魚遭遇毒害時的避難區。本研究將此套系統流場滯留區應用於實務，針對小斑馬魚之生物避險特性找出適當、合理的指標值作為警示指標值，方法係觀察避難區及非避難區之小斑馬魚平時活動紀錄比對多次有毒物質加藥試驗結果，利用小斑馬魚群體避險行為訂定出一警示指標值 WI。當警示指標值 WI 大於 0.3，即高於一般活動之警示指標時，表示小斑馬魚呈現異常分佈狀態，則監測人員需加強注意、提高戒備，立

即檢測原水水質並採取因應措施。

關鍵詞：原水養魚箱毒性監測系統、群體避險行為、警示指標值

一、前言

水質與水中生物的生存狀況息息相關，自來水公司利用生物遇毒害之本能反應特性，於淨水場及各水源的取水站設置原水養魚箱毒性監測系統，將原水引進養殖小魚魚箱內，由現場專業監測人員肉眼觀察，對小魚的游動反應進行全天候監測，若養魚箱內小魚游動反應正常，表示原水水質無異樣，則原水立即進入淨水處理程序，如發現箱內小魚游動異常、呈現呆滯、出現病變甚至是有死亡現象，表示原水已遭毒物入侵，此時應停止該水源進入淨水場，並做進一步之水質毒性檢驗。

但研究發現此套原水養魚箱毒性監測系統某些區塊會產生流速小、擴散慢

1. 國立成功大學水利及海洋工程學系副教授
2. 國立成功大學水利及海洋工程學系教授
3. 國立成功大學水利及海洋工程學系碩士班研究生
4. 臺灣省自來水公司第六區管理處工程員
5. 臺灣省自來水公司第七區管理處股長

之區域。對小魚而言，這些區塊將成爲遭遇毒害時的避難區。由於現場監控人員係以小魚發生病變或出現死亡作爲判斷水質是否污染的原則，因此一旦原水遭受毒物入侵，且毒物濃度並不會立刻對小魚造成威脅時，小魚會發揮避險本能躲至避難區免於遭受毒害，進而使得現場監控人員無法於第一時間對原水水質做出正確的毒性判斷，而影響水質的判定及供水的安全性。

爲解決此問題，本研究秉持生物共生的原則，保留原先的避難區，利用小斑馬魚之生物避險特性找出適當的指標值作爲警示指標，一來可輔佐人爲判斷的可靠性，彌補誤判或延判的缺失，二來也可使小魚免因毒害而死亡，用以提供一般淨水場以魚類爲監測指標時之參考。

二、試驗設備與研究方法

(一)試驗設備

本實驗因於實驗室內進行，故所採之觀測魚箱無法使用原水來進行實驗，其餘儀器設備與傳統原水毒性污染監視養魚試驗設備皆相同。爲免除自來水中餘氯對魚類之影響，將馴養魚箱與長900mm、寬450mm與高50cm之觀測魚箱互相串連，再利用該循環過濾設備之管線分歧接水至觀測魚箱。又爲方便

實驗結束後觀測魚箱之清洗排水，於溢流口旁下層增設一排水口。試驗過程因需大量自來水，故必須使用數個大型儲水桶，先行加入具有去除餘氯功能的藥劑，待至少半小時後（餘氯已揮發）才可運用沈水馬達及利用虹吸原理作整個循環，以利供應補充。而試驗魚種採10~14隻身型2~8公分、魚齡小於3個月之小斑馬魚（圖1）來進行實驗，



圖1.試驗物種—小斑馬魚

其餘設備有：電子天秤、量器燒杯500cc、電動攪拌器、點滴袋、管及馴養魚箱（圖2）等。

(二)實驗試劑種類

試驗試劑有三種，包括：紅色染料試劑、S.D.S 試劑及 NaCl 試劑，三種試驗試劑之添加藥品濃度均爲10000ppm。觀測魚箱目標加藥量設定爲100ppm，係採台北市自來水事業處於水蚤監測器試驗之相同試劑與濃度做試



圖 2.馴養魚箱（左）與觀測魚箱（右）之照片

驗。而控制進水流量限定為 2.5 L/min，接著利用以下公式求得試劑滴入觀測魚箱內之加藥速率：

$$\text{加藥速率} = \frac{\text{目標加藥量} \times \text{觀測魚箱有效容量}}{\text{停留時間} / \text{添加藥品濃度}}$$

可求得三種試劑滴入觀測魚箱內之加藥速率為 20 ml/min 及 25ml/min。

(三)實驗方法

本實驗一方面定時觀察，並紀錄養魚箱之小魚在一般無外來毒物衝擊時之平時活動位置，此係由監視器將觀測魚箱進行數日之 24 小時全天候觀察紀錄，其後比對觀測魚箱在進行多次不同之毒性試劑加藥下之試驗結果。紅色染料試劑試驗時間為自 94 年 9 月 1 日下午 16:00 紅色染料試劑開始滴入觀測魚箱

內，至下午 16:20 分紅色染料試劑點滴完成。NaCl 試劑試驗時間自 95 年 3 月 1 日中午 12:20 分開始加藥，至中午 12:40 分加藥完成。十二烷基硫酸納 (S.D.S) 試劑毒性加藥試驗自 94 年 10 月至 95 年 4 月，共做了八組試驗；其中，前二次實驗小魚數量為 10 隻，而第三次至第五次實驗小魚數量為 12 隻、第六次實驗小魚數量為 14 隻、第七次至第九次實驗小魚數量為 12 隻(其中第七次及第八次採用同組魚)，過程有七次試驗於試劑中添加少量之紅色染料試劑，以利觀察毒性試劑流入觀測魚箱之過程及小魚反應行為等現象。

(四)分析方法與原則

本研究如圖 3 觀測魚箱分區塊示意圖所示，主要係將觀測魚箱依順流方

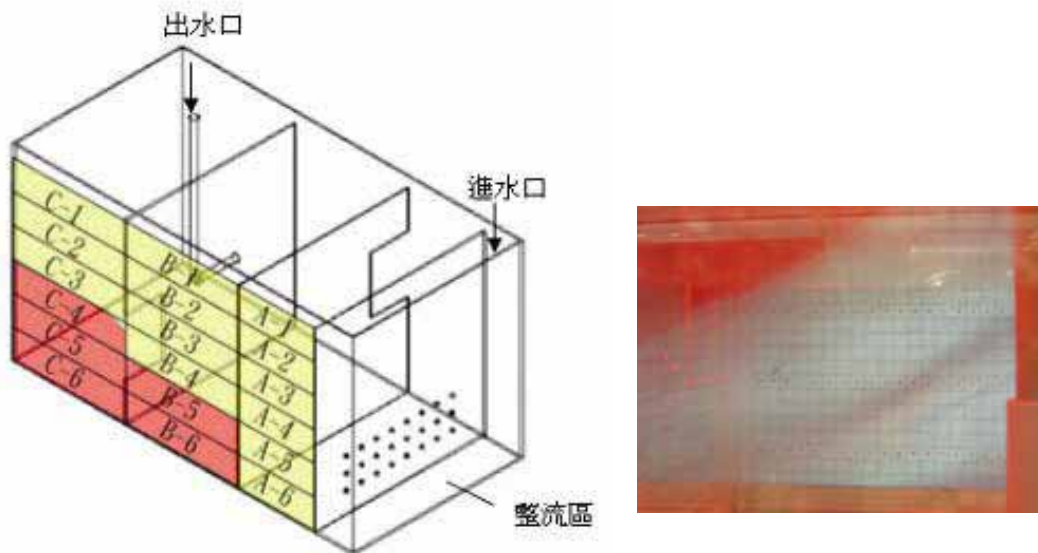


圖 3. 觀測魚箱分區塊示意圖 (左)、C-4 中非避難區之一隅 (右)

向，亦即面對觀測魚箱採進流口往溢流口方向，依序定名為進流整流區，隔間 A 區、隔間 B 區以及隔間 C 區，接著再將觀測魚箱之 A、B、C 隔間由上至下分別再平分六個區塊，此由右而左(順流)，由上而下之分法，將整個觀測魚箱共細分成十八個區塊。經由紅色染料試驗來區分建立避難區及非避難區。結果發現，隔間 B 區及隔間 C 區的下方區塊，即 B-5、B-6、C-4、C-5、C-6 區塊，因其流場滯留效應導致流速低，染料擴散緩慢，故本試驗將此五個區塊定義為『避難區』，其中 C-4 有一隅並非流速低之區域，不過其所佔範圍很小，故忽略不計，而其餘的十三個區塊則定義為『非避難區』。進而運用觀測魚箱一般平時活

動紀錄資料，先行統計分析養魚箱之小魚在一般無外來毒物衝擊時之情形下小斑馬魚在觀測魚箱內十八個區塊之平均分布(如圖 4)，再將紀錄統計數據依避難區及非避難區二大區塊作整理，利用標準化處理後，來先行建立一般無外壓情形下小斑馬魚出現於避難區之指標。



圖 4. 小斑馬魚平時活動分佈圖

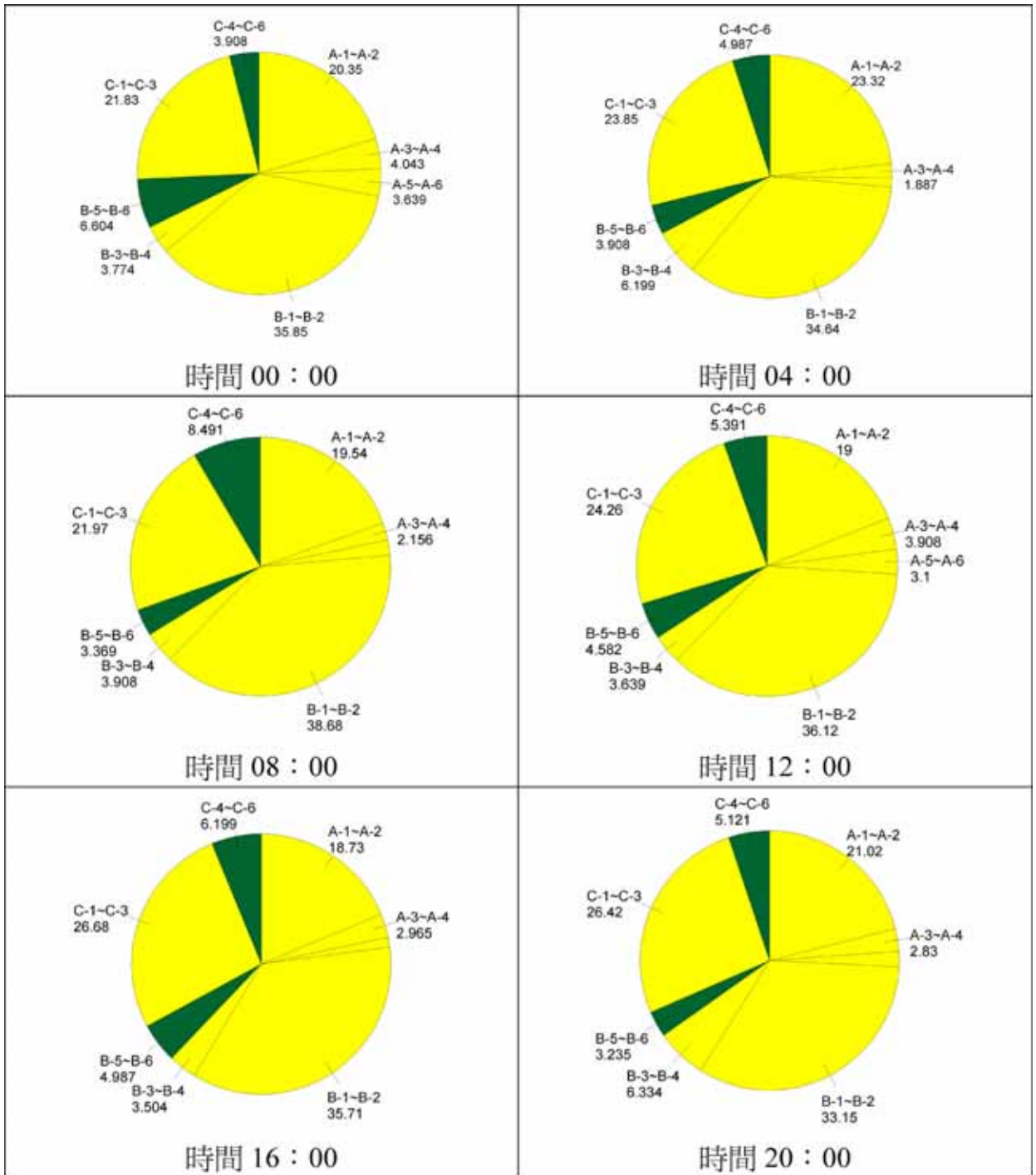


表 1.小斑馬魚平時活動分佈統計

就觀測魚箱正視投影之面積劃分，避難區所佔面積約全區之 $5/18$ （意：十八個區塊中佔五個區塊），餘 $13/18$ 則屬非避難區，此為分布數據之採標準化緣由。避難區與非避難區以所佔面積比為 $5/13$ ，故採 $5/13$ 為標準化處理之標準。而警示指標分析步驟為：

1. 利用九組觀察期資料統計數據，依避難區及非避難區來重行累加統計。

2. 將 1. 統計資料採標準化處理（即避難區與非避難區之分布數量取其相對於單一區塊之平均數量），可得『避難區標準化值（定為 R_i ）』及『非避難區標準化值（定為 NR_i ）』。並將九組觀察期之各時段累加及分時段累加來求其平均標準化值。

3. 定義警示指標值 WI （Warning Index）為避難區標準化值（ R_i ）與整區標準化值（ $R_i + NR_i$ ）之比值，則由警示指標值（ WI ）愈大可顯示在避難區之數量愈多，即愈有避險趨勢及避險現象。

三、結果與討論

(一) 一般平時活動觀察紀錄結果

本試驗為對觀測魚箱內小斑馬魚在一般無外來毒物衝擊時之平時活動，採用監視器連結電腦作長時間觀測紀錄，在每組魚進行加藥實驗前，即飼養期間，作全日 24 小時之觀測紀錄。自 94

年 10 月至 95 年 4 月，共做了十組（其中第八組與第九組為同一組魚）在一般無外來毒物衝擊之下平時觀測試驗紀錄。將每日監視結果，分成 6 筆資料，亦每 4 小時一筆，紀錄小斑馬魚習性、平時活動之狀況及其分佈位置，接著採 π 圖分析及經由標準化處理後得到平時一般性分佈之指標，表 1 為小斑馬魚平時活動分佈統計圖，可發現小斑馬魚為嗜浮游性魚類，平時會在觀測魚箱較上層部分活動。

(二) S.D.S 試劑毒性加藥試驗結果分析

自 94 年 11 月 28 日至 95 年 4 月 21 日共計進行九次試驗，所採 S.D.S 濃度為 100 ppm（其中有七次試驗均於試劑中添加紅色染料試劑，以利觀察），加藥時間約 20~25 分鐘完全滲入觀測魚箱內，停留時間約為 72 分，在九次試驗過程中，小魚魚體無出現死亡或異狀，並有明顯避險於避難區現象，如圖 5 所示，我們定義為小斑馬魚群體避難行為（refugee schooling of zebra fish, RSZF）。在試驗進行中觀察整個試驗過程，以及毒性試劑在魚箱內擴散狀況之時間流程，並以攝影機紀錄小斑馬魚活動狀況與分布數量，於九次試驗中分別將小斑馬魚依避難區及非避難區紀錄後，再依前面所述之警示指標分析步驟將各時間流程所對應之分布數量予以標準化後，



圖 5.小斑馬魚群體避難行爲(refugee schooling of zebra fish, RSZF)

即可求得小斑馬魚之 S.D.S 毒性試驗警示指標值 (WI)。然而，無論實驗小斑馬魚隻數為 10 隻或 12 隻，S.D.S 毒性試驗警示指標值 (WI) 皆為 0~1.0，實驗小斑馬魚隻數為 14 隻時，S.D.S 毒性試驗警示指標值 (WI) 為 0~0.97，指標值亦趨近 1.0。顯然毒性試驗警示指標值 (WI) 在各次試驗過程均出現大於其一般活動警示指標值 (WI=0.28) 現象。其毒性加藥試驗結果，見表 2。

(三) NaCl 試劑毒性加藥試驗結果分析

自 95 年 3 月 1 日中午 12:20 開始加藥至中午 12:40 分加藥完成，毒性試劑 NaCl 濃度 10000 ppm 約 20 分鐘完全滲入魚箱內，魚箱內 NaCl 濃度 (目標加藥量) 為 100ppm，停留時間約為 72 分。試驗 40 分鐘內，觀察小斑馬魚魚體無異

狀，游動狀況正常。待 40 分鐘後，發現小斑馬魚出現活動量由多變少、游動狀況由快速趨漸變緩的狀況，並已有一隻小斑馬魚死亡，其餘 11 隻小魚雖無死亡，但亦有倉皇尋找躲避現象發生。而此結果似急性中毒，可直接判斷出水質異樣，此雖非本實驗最終目的，亦將觀察試驗過程 NaCl 試劑在魚箱內擴散時間流程與小魚活動分布數量，分別依避難區及非避難區紀錄下來，並將各時間流程所對應之分布數量予以標準化後，求得小斑馬魚之 NaCl 毒性試驗警示指標值 (WI) 為 0.19~0.92 間，雖然可從魚兒隻數的減少得知水質異樣，但亦可從警示指標值上 (WI) 上看得出小斑馬魚有躲避行爲，亦可推斷水質有異樣。避險現象尚不及 S.D.S 試劑反應明顯，判斷應為試劑密度不同，造成滯留區不同，加上小斑馬魚嗜浮性之緣故。

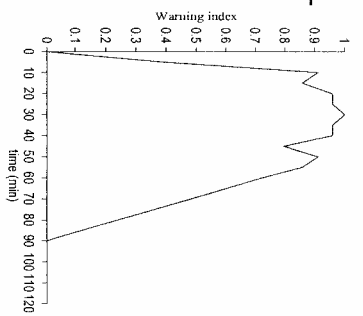
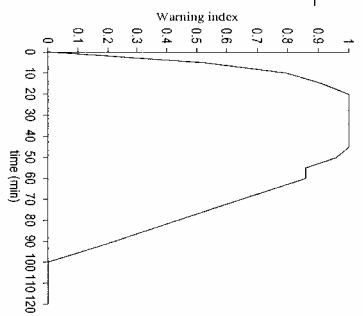
(四)避難區反應污染警示指標之建立

綜合多次不同試驗隻數及不同試劑加藥試驗結果，發現各毒性加藥試驗過程均有避險行爲發生，因其相對應不同時間流程對應之警示指標值不一，由上述試驗過程雖以一般活動警示指標值即能判定是否有避險行爲發生，惟當避難區污染警示指標值與一般活動警示指標值相近時，則又無法作為明確之警報指標，為避免誤判或指標失真，經考量生

表 2. 小斑馬魚毒性加藥試驗結果

94.11.28-S.D.S 0min		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	90	100	120
R(i)值	0	3	6	8	10	10	10	10	10	10	9	7	7	1	0	0
NR(i)值	10	7	4	2	0	0	0	0	0	0	1	3	3	9	10	10
R(i)標準化	0.0	0.6	1.2	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.4	1.4	0.2	0.0	0.0
NR(i)標準化	0.8	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.7	0.8	0.8
WT 值	0.00	0.53	0.80	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.86	0.86	0.22	0.00	0.00

94.12.16-S.D.S 0min		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	90	100	120
R(i)值	0	2	8	7	9	9	10	9	9	6	8	7	5	0	0	0
NR(i)值	10	8	2	3	1	1	0	1	1	4	2	3	5	10	10	10
R(i)標準化	0.0	0.4	1.6	1.4	1.8	1.8	2.0	1.8	1.8	1.2	1.6	1.4	1.0	0.0	0.0	0.0
NR(i)標準化	0.8	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.4	0.8	0.8	0.8
WT 值	0.00	0.39	0.91	0.86	0.96	0.96	1.00	0.96	0.96	0.80	0.91	0.86	0.72	0.00	0.00	0.00



95.01.03-S.D.S 0min 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 90 100 120

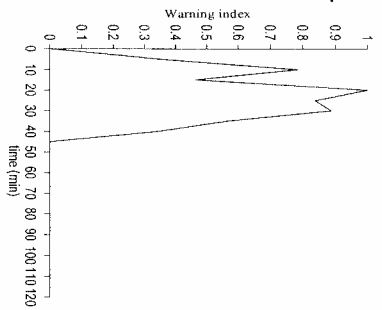
R(i)值 0 2 7 3 12 8 9 4 2 0 0 0 0 0 0

NR(i)值 12 10 5 9 0 4 3 8 10 12 12 12 12 12 12

R(i)標準化 0.0 0.4 1.4 0.6 2.4 1.6 1.8 0.8 0.4 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

NR(i)標準化 0.9 0.8 0.4 0.7 0.0 0.3 0.2 0.6 0.8 0.9 0.9 0.9 0.9 0.9

WI 值 0.00 0.34 0.78 0.46 1.00 0.84 0.89 0.57 0.34 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00



95.01.20-S.D.S 0min 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 90 100 120

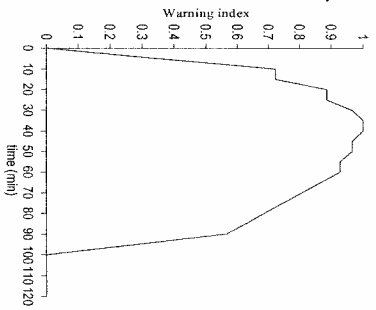
R(i)值 0 2 6 6 9 9 11 12 12 11 11 10 10 4 0

NR(i)值 12 10 6 6 3 3 1 0 0 1 1 2 2 8 12

R(i)標準化 0.0 0.4 1.2 1.2 1.8 1.8 2.2 2.4 2.4 2.2 2.2 2.0 2.0 0.8 0.0

NR(i)標準化 0.9 0.8 0.5 0.5 0.2 0.2 0.1 0.0 0.0 0.1 0.1 0.2 0.2 0.6 0.9

WI 值 0.00 0.34 0.72 0.72 0.89 0.89 0.97 1.00 0.97 0.97 0.93 0.93 0.57 0.00



95.02.10-S.D.S 0min 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 90 100 120

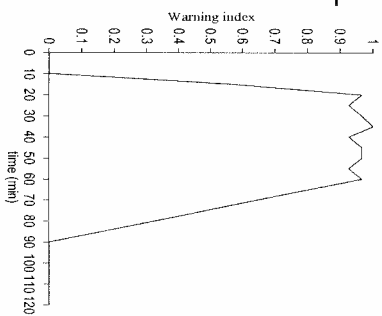
R(i)值 0 0 0 4 11 10 11 12 10 11 11 11 10 11 0 0

NR(i)值 12 12 12 8 1 2 1 0 2 1 1 1 2 1 12 12 12

R(i)標準化 0.0 0.0 0.0 0.8 2.2 2.0 2.2 2.4 2.0 2.2 2.2 2.0 2.2 0.0 0.0

NR(i)標準化 0.9 0.9 0.9 0.6 0.1 0.2 0.1 0.0 0.2 0.1 0.1 0.2 0.1 0.9 0.9

WI 值 0.00 0.00 0.00 0.57 0.97 0.93 0.97 1.00 0.93 0.97 0.97 0.93 0.97 0.00 0.00



95.02.18-S.D.S 0min 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 90 100 120

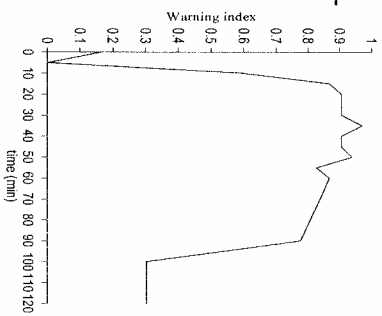
R(i)值 1 0 5 10 11 11 11 13 11 11 11 12 9 10 8 2 2

NR(i)值 13 14 9 4 3 3 3 1 3 3 3 2 5 4 6 12 12

R(i)標準化 0.2 0.0 1.0 2.0 2.2 2.2 2.2 2.6 2.2 2.2 2.4 1.8 2.0 1.6 0.4 0.4

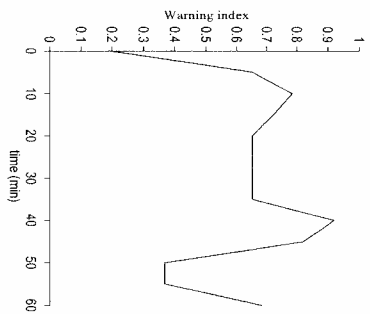
NR(i)標準化 1.0 1.1 0.7 0.3 0.2 0.2 0.2 0.1 0.2 0.2 0.2 0.4 0.3 0.5 0.9 0.9

WI 值 0.17 0.00 0.59 0.87 0.91 0.91 0.91 0.97 0.91 0.91 0.94 0.82 0.87 0.78 0.30 0.30



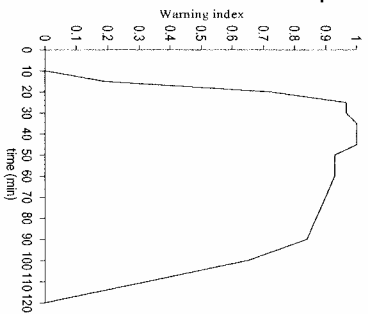
95.03.01-NaCl 0min

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
R(i)值	1	5	7	6	5	5	5	9	7	2	2	5
NR(i)值	11	7	5	6	7	7	7	2	4	9	9	6
R(i)標準化	0.2	1.0	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.8	1.4	0.4	0.4	1.0
NR(i)標準化	0.8	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0.7	0.7	0.5
WI 值	0.19	0.65	0.78	0.72	0.65	0.65	0.65	0.92	0.82	0.37	0.37	0.68



95.03.28-S.D.S 0min

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	90	100	120
R(i)值	0	0	0	1	6	11	11	12	12	10	10	10	8	5	0
NR(i)值	12	12	12	11	6	1	1	0	0	2	2	2	4	7	12
R(i)標準化	0.0	0.0	0.0	0.2	1.2	2.2	2.2	2.4	2.4	2.0	2.0	2.0	1.6	1.0	0.0
NR(i)標準化	0.9	0.9	0.9	0.8	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.9
WI 值	0.00	0.00	0.00	0.19	0.72	0.97	0.97	1.00	1.00	0.93	0.93	0.93	0.84	0.65	0.00



95.04.07-S.D.S 0min 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 90 100 120

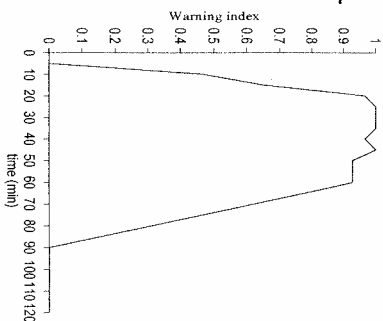
R(G)值 0 0 3 5 11 12 12 12 11 12 10 10 10 0 0

NR(G)值 12 12 9 7 1 0 0 0 1 0 2 2 2 12 12

R(G)標準化 0.0 0.0 0.6 1.0 2.2 2.4 2.4 2.4 2.2 2.4 2.0 2.0 2.0 0.0 0.0

NR(G)標準化 0.9 0.9 0.7 0.5 0.1 0.0 0.0 0.1 0.0 0.2 0.2 0.2 0.9 0.9 0.9

WI 值 0.00 0.00 0.46 0.65 0.97 1.00 1.00 1.00 0.97 1.00 0.93 0.93 0.93 0.00 0.00



95.04.21-S.D.S 0min 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 90 100 120

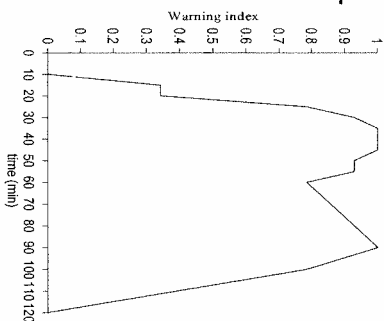
R(G)值 0 0 0 2 2 7 10 12 12 12 10 10 7 12 7 0

NR(G)值 12 12 12 10 10 5 2 0 0 0 2 2 2 5 0 12

R(G)標準化 0.0 0.0 0.0 0.4 0.4 1.4 2.0 2.4 2.4 2.4 2.0 2.0 1.4 2.4 1.4 0.0

NR(G)標準化 0.9 0.9 0.9 0.8 0.8 0.4 0.2 0.0 0.0 0.0 0.2 0.2 0.4 0.0 0.4 0.9

WI 值 0.00 0.00 0.00 0.34 0.34 0.78 0.93 1.00 1.00 1.00 0.93 0.93 0.78 1.00 0.78 0.00



物特性及參照其一般活動之警示指標值條件，來分析建立一合理之避難區反應污染警示指標值。

小斑馬魚警示指標值建立之標準化過程，係以全區（十三個區塊）來考量後，將避難區及非避難區分別換算求得每單一區塊之數量後求比值，比照多次之一般平時活動紀錄與試驗過程後得知，當警示指標值（WI）大於 0.28 時，表示出現異常分佈，警示指標值（WI）愈大表示避險行為愈是明顯；然而，當小斑馬魚全數避險於避難區時，計算出警示指標值（WI）為 1.0。由於此試驗攸關民生用水安全，為求謹慎，將警示指標值（WI）訂為一般平時活動之最上限，加上考量生物之變動因素，故以整數來訂定之。因此，本研究定義當小斑馬魚其避難區污染警示指標值為 $WI > 0.3$ 時，屬異常狀態，需加強注意、嚴密監控，必要時需立即啟動警報，停止該水源進入淨水場，並做進一步之水質毒性檢驗及採取必要措施因應。

四、結論與建議

(一)結論

1.經由試驗結果得知，在一般無外來毒物衝擊時觀測魚箱避難區反應污染警示指標 WI 最上限為 0.28，本文考量生物之變動因素，將警示指標 WI 值界定

為 0.3，若一旦 $WI > 0.3$ ，出現異常分佈時，即需加強注意、嚴密監控，立即檢測原水水質及採取因應措施。

2.當毒性物質之比重密度與水接近時，若以本試驗所訂定之避難區反應污染警示指標 WI 值來觀察小斑馬魚的反應，可於加藥後 10~15 分鐘發現毒物監測魚箱系統已遭遇毒性污染物質滲入。比照台北自來水事業處在使用相同試劑、相同目標濃度時之水蚤急毒性水質監測器，水蚤所作出之反應時間 41 分鐘快多了，證明藉由建立避難區反應污染之指標，亦可快速提高傳統毒物監測魚箱系統監測功能之精密性。

3.在本文 NaCl 試劑毒性加藥試驗過程中，小斑馬魚有產生死亡現象，雖可以直接判斷出水質異樣，但此結果與急性中毒相似，非本研究之最終目的。

4.觀察整個試驗過程發現，雖然 C 區最上層（C-1 區塊）本文並未定義成避難區，但因靠近出水口，流速較大，有些小斑馬魚亦會在此活動，故若是小斑馬魚集中於 C 區，亦是現場觀測人員需注意的焦點。

(二)建議

1.本研究主要係以單一魚箱對單一魚種小斑馬魚作為試驗對象，避免不同魚種間因有不同生活習性及群聚性而互相干擾之情形，但由於毒性物質種類繁

多，有機溶劑密度不同，相對地，滯留區所生成的位置亦不同。然而，小斑馬魚平時活動分佈於魚箱較上方的位置，建議飼養小斑馬魚之魚箱旁再連接一魚箱，飼養平時活動分佈於魚箱較下方(底棲性)之魚類，二者互相間作比較，不同密度之毒性物質搭配生物不同習性會使結果更精準。

2.其覓食時間會隨著飼養期間明顯縮短，故建議可藉由餵食區域來訓練小斑馬魚更快熟悉魚箱動線，一旦發生水質異常情形，也可快速躲至避難區，減少反應水質異狀時間。

3.為防止小斑馬魚因覓食而集中，產生群體現象，建議餵食時間錯開，避免固定於某一時間，增加觀測結果的誤差。

4.本研究試驗觀測魚箱之進流速度係依現況條件而不改變，因進流速度可改變流況，依環保署新頒『原水水質魚類毒性測試規範』規定每個測試缸換水率每天至少六次以上，即進流速度有較大調整範圍，建議針對改變進流速度對監測系統之影響續予研究。

5.若是本研究所建立之避難區反應污染警示指標(WI)能搭配運用成熟之數位監控攝影機並結合警報系統，將其架設於避難區來進行監控，當水質發生異樣，小魚躲避於避難區時，即啟動警報系統，提醒現場監測人員提高警覺適時

做出應對處理，發揮監測系統之最佳功能，也可減輕人為長期監控易造成之不適與缺失。

參考文獻

- 1.Standford Loeb and Anne Spacie.Eds. “Biological monitoring of aquatic systems” . Ann Arbor Mich, U.S, 1994.
- 2.U.S. Environmental Protection Agency. “Methods for measuring the acute toxicity of Effluents and Receiving Water to Freshwater and Marine Organisms” U.S.EPA Publication, Cincinnati, OH, pp293, 1991.
- 3.王漢泉，1984，「淡水河水系魚類分布與水質關係之研究」，經濟部水資會報告。
- 4.王漢泉，2001，「東港溪高屏溪魚類生物監測分析」，行政院環保署環境檢驗所環境調查研究年報，8:169-186。
- 5.王漢泉，2002，「台灣河川水質魚類指標」，行政院環保署環境檢驗所環境環境檢驗通訊雜誌季刊 40 期，4-2。
- 6.王漢泉，2002，「台灣河川水質魚類指標之研究」，行政院環保署環境檢驗所環境調查年報，9:207~236。
- 7.台灣省自來水公司，「原水毒物污染監視養魚試驗作業要點」須知。

- 8.行政院環保署環境檢驗所，2005，「原水水質魚類毒性測試規範」。
- 9.李俊宏、王漢泉、齊家，1995，「魚類毒性試驗研究」，環境檢驗所環境調查研究年報，3:333~336。
- 10.李德旺，2001，「認識台灣的淡水魚類」，特有生物研究保育中心，pp.2~9。
- 11.李俊宏、王漢泉、吳嘉玲、王正雄，2002，「新竹縣地區事業廢水生物毒性試驗研究」，環境檢驗所環境調查研究年報，9:157~186。
- 12.林麗卿，「高屏溪污染事件談我應有之省思」，核生化防護季刊六十九期，pp.31~34。
- 13.吳嘉玲，1997，「環境污染物生物毒性測試」，行政院環保署環境檢驗所環境檢驗通訊雜誌季刊，15期pp.1~20。
- 14.邱憲龍，2005，「毒物監測魚箱警示指標之建立」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
- 15.高煒展，2001，「不同水體毒性試驗方法於合成及實際廢水毒性上之比較」，國立交通大學環境工程研究所碩士論文。
- 16.陳弘成，1994，「魚類毒性試驗標準方法之研究」，環境檢驗所委託研究報告，EPA-83-E3S5-09-03-02。
- 17.陳憲全，2001，「談實驗動物與毒性試驗」，中華民國實驗動物學會第九期會訊，pp.18~20。
- 18.張正芳，2001，「魚類之病害與防治」，行政院農業委員會水產試驗所一東港分所，pp.1~14。
- 19.劉貞材，2004，「生物指標於水質毒性監測之相關研究分析」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。

管橋安全檢測及評估

吳陽龍¹ 范川江² 陳昭明³

一、前言

自來水輸配水管線在人類日常生活環境中常需與河川交會，除採用河底穿越方式外，皆以水管橋、管架橋跨越或附掛橋梁方式，一旦因天災或人為事故，發生局部中斷，整體系統即無法運作，亦無法提供市民正常用水，除緊急供水外，自來水事業需花費極大代價進行復原。為提升自來水輸配水系統安全與功能，延長使用壽命減少橋梁損壞之機率，預防災害發生所可能造成的損失，對橋梁進行檢測與安全評估，進而研擬維修補強，是一件刻不容緩的工作。

本文以北水處計畫辦理水管橋、管架橋及橋梁附掛管線安全檢測、初步評估成果及制度建立建議進行初步探討，提供作為後續維護管理參考，以確保供水系統安全。

二、水管橋及管架橋劣化原因與分析

自來水輸配水管線跨越河川方式主要有三種型式：(1) 水管橋；(2) 管架橋；(3) 橋梁附掛管線。北水處所轄水管橋三座為鋼拱橋，一座為鋼斜張橋，輸水管線採用鋼管，亦為整體結構之一部份。各種形式管橋如圖 1 所示。



(1)鋼拱水管橋示意圖



(1)鋼斜張水管橋示意圖



(3)橋梁附掛管線示意圖



(2)管架橋示意圖

圖 1 各種型式管橋

1. 臺北自來水事業處工程總隊總隊長
2. 臺北自來水事業處工程總隊副工程司
3. 臺北自來水事業處工程總隊工程員

除橋梁附掛管線繫於一般橋梁之劣化原因外，水管橋及管架橋大多為鋼結構，其可能劣化原因及現象如下所述：

(一)裂 縫

鋼結構物產生裂縫之主要原因係受到疲勞載重之反覆應力或過大應力作用，引致局部應力集中所導致。對於結構物上容易形成應力集中之位置，一般為斷面急劇變化處、主梁梁端切角處、螺栓接合處、腐蝕部分等均為裂縫容易產生的地方。

這些裂縫大致是發生在受拉應力側或接合板切角斷面減少處或因支承下陷等引致局部應力失衡造成應力過大而產生。亦有構材因受過大的面外撓曲應力引致構材變形而造成裂縫產生。

鋼結構物上之裂縫均可藉由目視觀察檢測之，初步階段可由生銹或塗膜異樣剝離等現象即可迅速發現。

(二)變 形

鋼結構產生變形主要係由於承受反覆應力作用、局部應力集中或承受過大荷重，產生構材挫屈所致。鋼結構為薄板結構，設計細節若未審慎處理，常會有腹板欠缺加勁構材或次要構材之細長比過大等情形發生。此外，鋼材若存在殘留應力及初期應變時，將助長變形之產生。

(三)螺栓鬆動或脫落

螺栓之損傷主要有腐蝕、鬆動及脫落等，易積聚雨水的主梁端部或下翼板街頭處之螺栓經過相當使用年數後，多有塗膜劣化腐蝕之現象，由於震動引起螺栓鬆動之現象，大都發生於較易產生震動之次要構材上，另施工時螺栓未充分鎖緊或構材間存有空隙以致接合不良等，亦均為螺栓鬆動之原因。

(四)塗裝劣化

影響塗裝劣化之因素主要有：表面處理、塗膜層數與厚度、塗料種類及腐蝕環境等四項，其中，表面處理幾乎佔了決定性的地位。

(五)腐 蝕

腐蝕將形成鋼材斷面減少，承載能力降低，進而產生裂縫及變形。腐蝕主要原因為塗裝劣化處理受到水份與腐蝕物質侵蝕所致，一般而言，水份之供給來源不外乎是降雨與結露等兩種，腐蝕物質包括鹽害或其他有害物質。

三、管橋安全檢測工作內容及方法

為使本檢測工作能順利進行，除與管理單位密切配合外，必要時亦將隨時與橋梁管理單位密切聯繫，未來亦向橋梁管理單位（市府養工處及公路局等）報備檢測工作並請提供必要之行政支援。

(一)橋梁相關資料蒐集分析與研判

完整的蒐集橋梁相關資料，除可提高橋梁安全檢測與評估的正確性，亦可作為輔助現場檢測及各種評估分析的參考依據。因此檢測工作進行時之首要工作為橋梁相關資料之蒐集及研析。針對被檢測橋梁，一般需蒐集之資料：(1) 橋梁設計、竣工圖說，(2) 管線設施竣工圖，(3) 橋梁結構設計計算書，(4) 工址土壤地質資料，(5) 承載資料，(6) 河川水文資料、整治計畫，(7) 拓建、維修、養護或災害搶救補強等設計或紀錄資料，(8) 其它，如橋址地理環境及區域特性等。

根據現有蒐集之資料，配合現地調查進行檢核，以比較在設計、施工階段各項原始條件與目前狀況之差異，瞭解其結構特性及力學行為，並探討損傷發

生之原因及損傷進行之可能性。若資料有不足之處將盡力補齊，以建立完備之資料檔。

(二)橋梁評估準則建立及目視檢測

一般目視檢測是利用目視的方式對整座橋梁做全面性的檢查。檢測過程中視需要於重要部位、破裂部位、缺陷或異常現象部位拍攝照片，以為爾後研判之參考，另以數量化方式對各個構件進行評估，以建立橋梁現況之基本管理資料，最後依權重分配到橋梁的綜合評估。本次辦理橋梁目視檢測部分係參照交通部頒『公路養護手冊』以及交通部運輸研究所之『臺灣地區橋梁管理系統』採用 D.E.R.&U 目視檢測評估法，該評估法將橋梁分為 21 項檢測項目（詳表 1 所示）。

表 1 . D.E.R.&U 評估法檢測項目

(1)引道路堤	(8)摩擦層	(15)支承/支承墊
(2)引道護欄	(9)橋面排水設施	(16)止震塊/拉桿
(3)河道	(10)緣石及人行道	(17)伸縮縫
(4)引道護坡-保護措施	(11)欄杆及護牆	(18)主構件（大梁）
(5)橋台基礎	(12)橋墩保護設施	(19)副構件（橫隔梁）
(6)橋台	(13)橋墩基礎	(20)橋面版/鉸接版
(7)翼牆/擋土牆	(14)橋墩墩體/帽梁	(21)其他

D.E.R.&U 評估準則（詳表 2 所示）對每一個檢測項目依「劣化程度（Degree）」、「劣化範圍（Extent）」以及對橋梁安全性與服務性的「重要性

（Relevancy）」，分別給予 0~4 之評分，再針對該劣化構件需維修之「急迫性（Urgency）」加以評定。

表 2. D.E.R.&U 評估法評估準則

	0	1	2	3	4
程度(D)	無此項目	良好	尚可	差	嚴重損害
範圍(E)	無法檢測	< 10%	< 30%	< 60%	<
重要性(R)	無法判定重要性	微	小	中	大
急迫性(U)	無法判定急迫性	例行維護	3 年內	1 年內	緊急處理維修

此外，針對北水處水管橋、管架橋及橋梁附掛管線部分，除上述一般橋梁結構檢查項目外，亦應針對自來水管線設施，進行目視檢測及安全評估工作，重點項目包括如橋臺過牆管、排氣閥、

伸縮接頭等設施，而各管線接頭容許撓角、變位（詳圖 2 及圖 3 所示）、接頭漏水與否、閥類功能是否正常，亦為本次檢測安全評估工作重點。

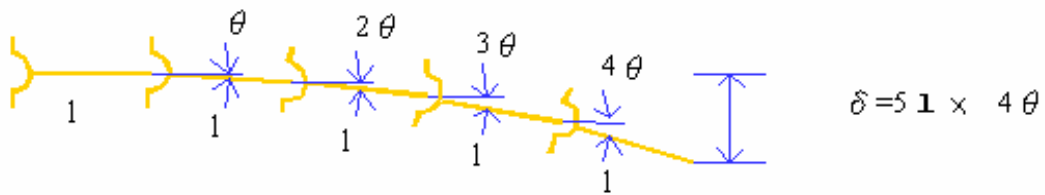


圖 2 管線容許變位示意圖

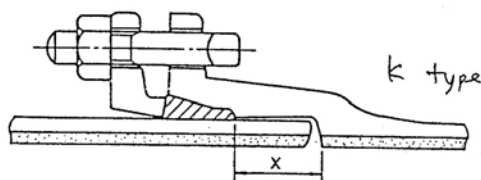


圖 3. K type 接頭最大許可拉伸圖

(三)特殊儀器檢測

進行橋梁特殊儀器檢測之目的為：了解結構物受損範圍及其程度；求得結構體或構件之現有強度；了解結構物之受力行爲；評估結構物之承載能力等。

一般而言，特殊儀器檢測可分為破壞性檢測及非破壞性檢測兩類。所謂的「破壞性檢測」將對橋梁結構體造成局部性破壞，於試驗完成後，必需加以適當之修補。而「非破壞性檢測」則採用不造成結構體損壞之試驗方法檢測結構體之現況。對實施橋梁結構體之檢測工作而言，二種試驗方法皆有其優劣點，亦各有其必要性及適用性，使用時將針對檢測之目的，採用各法之優點以達成檢查工作。非破壞性檢測可於現場進行試驗，並可方便的移至下一個測點再進行試驗，利用此一優點可迅速的對橋梁

實施檢查，當遇特殊之部位或非破壞性檢測無法進行時，則採用破壞性檢測。

進行特殊儀器檢測時必須留意有些方法適用於混凝土材料，有些則適用於鋼構件，檢測時針對不同材質，選擇合適之方法進行檢查，方可獲得有用的資料。以下針對水管橋進行數種非破壞性檢測，視一般檢查後之結果選擇適當之方法進行，以能達成檢測目的及取得正確資料為最重要考慮因素。

1. 鋼結構超音波檢測法

本法適用於鋼構造中損傷、缺陷、厚度及位置之檢測，本案可作為鋼橋焊道裂縫及鋼板厚度之檢測，其原理為介質中利用聲波反射及折射原理，利用發射器及接收器，進行相關項目評估。試驗可依 CNS 11401、CNS 12618 之規定辦理，如圖 4 所示。

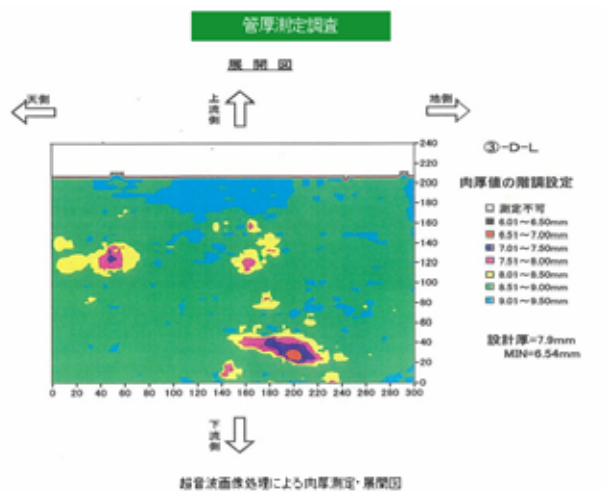


圖 4. 超音波測定管壁厚度

2. 液滲波檢測法

液滲波檢測法適用於非多孔性金屬或非金屬材料之檢測，其原理係利用虹吸原理，使有色液體染料或螢光液體等滲透材料能滲入材料之裂縫或孔隙中，經由燈光照射或顯影劑，以檢測金屬或非金屬表面缺陷，為一快速檢測方式，試驗可依 CNS 11407、CNS 11398、CNS 13464 之規定辦理。

3. 鋼索振動檢測法

北水處劍潭 2000 水管 B 橋係斜張橋，利用鋼索傳遞水管載重至橋塔，因此鋼索內張力是否有效、錨碇端是否正

常，需賴鋼索振動檢測，其原理係利用鋼索內張力與振動頻率之關係，亦可建立資料作為未來安全評估重要參考數據。

4. 自來水管內視鏡測法

為了解水管橋管內狀況，原則上應進入管內進行檢視其狀況，惟本次計畫檢測橋梁皆位處重要輸配水系統上（一清、二清幹線、劍潭及圓山 2000 幹線），停水檢視初步評估可行性不大，或許可考量引進日本先進國家採用，由閘類不需停水以水中內視鏡方式辦理，如圖 5 所示。

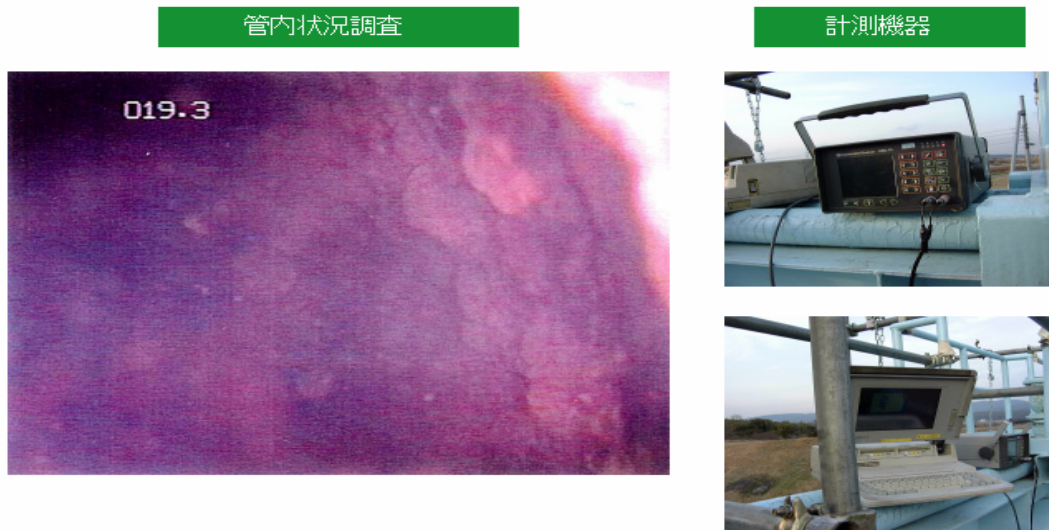


圖 5. 自來水管內狀況檢視

（四）橋梁安全能力分析與評估

台灣地區水管橋安全評估主要針對震災及水害，由於台北地區新店溪、基隆河、淡水河水系皆已整治完成，本文主要安全能力探討對象以震災為主。台灣位處菲律賓板塊與歐亞板塊互相碰撞之處，工址雖位處新頒佈耐震設計規範之地震二區，即所謂之中震區，但無庸

置疑的，地震仍然是威脅橋梁安全之主要天然災害。尤其水管橋是重要的維生管線，地震中若產生災害而發生局部中斷，整體系統即無法運作，將無法提供市民正常用水，對社會經濟勢必造成難以估計之傷害。因此對於水管橋是否具有足夠耐震能力，實有必要予以審慎評估。

由於過去有關地震資料、危害度與反應譜等研究成果不足，耐震設計規範的發展也未臻成熟，當時設計的橋梁耐震能力是否足夠，需予以瞭解。此外，現有橋梁可能因老舊、施工、超載、河川沖刷、天災或人為災害等，造成橋體損害或材料強度不足，直接影響橋梁之耐震能力。因此這些耐震能力的疑慮，均應以耐震能力分析評估來加以診斷。若有需要，則應進行耐震補強，提高橋梁在地震時之安全性。

水管橋梁耐震能力分析係依據橋梁現場檢測資料、實際尺寸、配筋及材料強度，可參照交通部頒布的「公路橋梁耐震設計規範」計算橋梁的強度與韌

性，配合橋梁結構耐震分析，決定橋梁發生各種破壞模式時相對應的地震地表加速度。相關的耐震設計資料包括正規化加速度反應譜係數、結構系統地震力折減係數、工址水平加速度係數、韌性設計要求等，均可當作評估時之依據。評估所涵蓋的各種破壞模式，包括根據構件強度、韌性推估之破壞模式、落橋破壞模式、支承破壞模式及土壤液化潛能評估，推求出各種破壞模式對應的地表加速度後，再相較於目標年限內的地表加速度，對於不足之處，制定維修補強對策，並提供整座水管橋梁耐震能力分析與評估之依據。耐震能力分析與評估之流程見圖 6 所示。

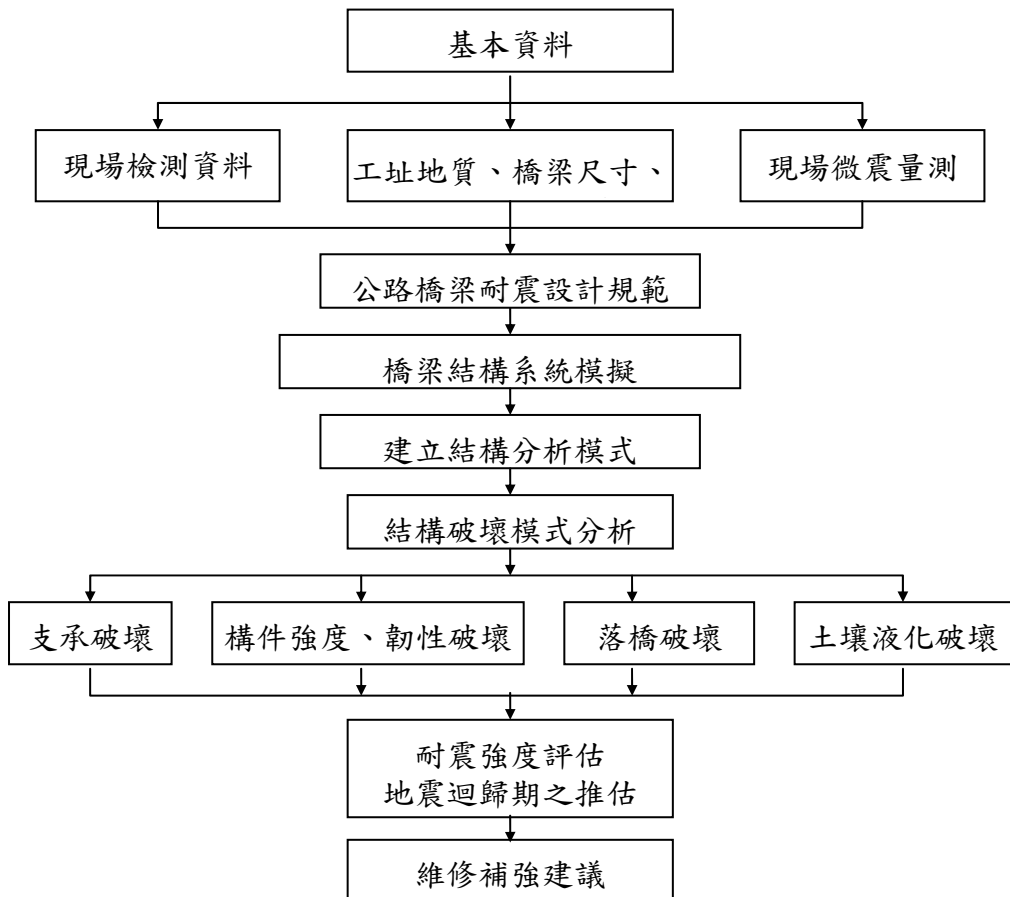


圖 6. 耐震能力分析與評估流程

(五)橋梁現況及耐用綜合評估

一般橋梁結構之損壞與缺陷會對橋梁之安全性、耐久性、使用性與外型觀瞻等造成不同之影響。橋梁之架構分為：橋面版構件、上部結構、橋墩、基礎、土壤及河道、橋台及引道、支承、伸縮縫及其他附屬設施等八項檢查結構分類，因此耐久能力分析與評估時可經由橋梁各分類結構之損傷狀況評估，進而組成橋梁整體之結構安全評估。

構成橋梁之材料上可概括分為混凝土、鋼筋、鋼材等部分，構造強度主要決定於這三項材料上，由一般檢測及特殊儀器檢測之結果，就此三項材料之劣化原因、安全性與耐久性，探討分析劣化原因，評估各項缺陷對各分類之影響，以及對結構安全性之影響進行分析、探討。並依據耐震能力等分析結果，配合環境影響、設計條件等因素，就橋梁之整體結構安全進行研判與整體評估，最後根據評估結果，提出橋梁現況耐用綜合預測，作為各種監測及維修補強之參考。

(六)維修補強方法建議

一般而言，橋梁維修補強的目的地不外乎恢復結構耐久性、恢復結構強度、增加結構強度、改善結構外觀、恢復結構功能等。

規劃補修工法時，須針對結構物構

材之劣化種類，採用相對應之補修方法，有關維修補強基本規劃詳見表 3。

表 3. 維修補強之基本規劃

項 目	處 理 方 法
鋼橋防蝕塗裝	重防蝕塗裝系統
混凝土抗壓強度不足	構件加勁、加大尺寸
混凝土裂縫、孔隙	樹脂材料灌注法
混凝土氯離子含量過高	陰極處理、置換工法
混凝土中性化	表面撥水漆、樹脂材料噴塗
結構差異沈陷	土壤改良、基礎擴大或變更型式
鋼筋腐蝕	電位處理、清除、植筋補強
鋼筋保護層不足	增厚工法、碳纖維接著工法
螺栓腐蝕、鬆脫	更換
梁撓度、振動過大	構件加勁補強
支承本體功能異常	更換
支承座緣混凝土損害	端部擴大補修
承載能力不足	載重限制、構件加勁、構件更換
耐震能力不足	隔減震裝置、墩柱加勁、防落橋裝置

擬定維修補強對策時，除考慮以上之各項外，亦應根據橋梁承載能力、耐震能力、耐沖刷能力及耐久能力分析與評估之結果，探討構件劣化損壞型態及原因，再依構件劣化損壞型態建議適合現況之維修補強方式，並於維修完成後，經常性的給予適切之維修養護，以避免劣化損傷持續擴大。研提方案將基於安全性、耐久性、經濟性、美觀性、生態環境及交通維持等方面的考量下，並參酌國內外相關規範及維修補強資料，考慮國內施工環境、能力、選擇較佳之建議方案。

(七)橋梁基本資料及檢測資料建檔

老舊橋梁的安全檢查已受到國內相當程度的重視，爲了有效地管理、追蹤橋梁的維修、使用情況，須將橋梁資料系統化地納入電腦中，成爲可隨時調閱、分類及提供全橋評核依據之資料檔案，希望能藉此電腦檔案迅速有效地提供正確資訊，協助管理單位掌握橋體狀況，提高未來橋梁之服務功能與品質，北水處未來規劃納入地理資訊系統（GIS）內，以利執行維護管理工作。

(八)橋梁管理系統建立及建議

生命週期導向橋梁資訊管理系統之架構，整合規劃、設計、施工、維護等四個階段中所需面臨之管理資訊。此系

統之運作涵蓋整個橋梁之生命週期，儲存生命週期各階段中重要之資訊以供未來橋梁管理上之使用。在生命週期導向橋梁管理系統之運作架構下，可在各個階段可獲得許多前置階段所傳遞之資訊，進而建立有效之管理策略，加強特定範圍之管理，以減少人力、物力、成本之花費。對於不同橋梁的各階段現況亦能於此架構的運作下，提供作爲下一座橋梁週期之規劃、設計、施工之參考。

四、計畫範圍及初步檢測結果

本計畫針對北水處所轄 4 座水管橋（詳圖 7 及表 4）及 39 座管架橋或橋梁附掛 $\phi 500\text{mm}$ 以上管線，進行基本資料普查、目視安全檢查及建立資料表，未來並將檢查結果納入既有管線數值系統（GIS）內，以利後續管理制度建立。

本次辦理 4 座水管橋及 39 座管架橋或橋梁附掛 $\phi 500\text{mm}$ 以上管線初步安全檢測工作，目視檢測方法除配合中央橋梁維護管理系統，以 D.E.R.&U 及 A B C D 系統爲架構外，首先訂定優先評選項目及其權重進行初步評估篩選對象，其評選項目及其權重詳如表 5 所示，此部分亦可提供台灣眾多水管橋、管架橋及橋梁附掛管線篩選之參考。



圖 7. 北水處所轄水管橋位置

表 4. 北水處水管橋統計表

序號	權管單位	橋名	管線口徑 (mm)	備註
1	陽明營業分處	劍潭 2000 水管橋 B 橋	2000	鋼斜張橋
2	東區營業分處	圓山 2000 水管橋 A 橋	2000	鋼拱橋
3	西區營業分處	永福水管橋	2400	鋼拱橋
4	南區營業分處	新店溪水管橋	2400	鋼拱橋

表 5. 優先評選項目及加權比重表

項 目	項 次	加權比重
一、管種	1.CIP 2.MJP 3.SP 4.DIP	20
二、口徑(mm)	1.2000MM 以上 2.2000~1000MM 3.1000~500MM 4.500MM 以下	5
三、竣工日期(管齡)	1.60 年前 2.60~75 年 3.76~90 年 4.90 年迄今	15
四、形式	1.無管架支獨立水管 2.獨立管架 3.附掛管線 4.未知	5
五、供水替代性	1.極重要無替代性 2.部分可替代但水壓降低 3.未知 4.可替代不影響	30
六、管線現況	1.管線漏水 2.有漏水紀錄 3.無法判定 4.情況良好	5
七、閥件現況	1.閥件漏水 2.閥件功能失效或漏水紀錄 3.無法判定 4.情況良好	5
八、管架現況	1.管架不佳(腐蝕變形) 2.無法判斷 3.無法判定 4.情況良好	15

4 座水管橋及 39 座管架橋或橋梁附 後，其加權分數及排序詳如表 6 所示。
掛 ϕ 500mm 以上管線經初步評估篩選

表 6. 加權分數及排序表

權管單位	橋 名	加權分數	排 序
東區營業分處	新生北路大圳民族東路跨圳(南側)管架橋	46.25	1
陽明營業分處	劍潭 2000 水管橋 B 橋	51.25	2
東區營業分處	濱江街圓山河管架橋	52.5	3
東區營業分處	新生北路大圳長春路跨圳(北側)管架橋	52.5	3
東區營業分處	新生北路大圳民族東路跨圳(北側)管架橋	53.75	4
西區營業分處	中正橋附掛 ϕ 500mm 管線	55	5
東區營業分處	圓山 2000 水管橋 A 橋	61.25	6
西區營業分處	永福水管橋	63.75	7
南區營業分處	新店溪水管橋	72.5	8

再依 A.B.C.D.系統進行初步安全評估，其評估之方式及參考標準詳表 7 所示，評估結果詳表 8 及表 9 所示，其中 4 座水管橋中有欄杆及續接板銹蝕等問題，但都無礙於主體結構安全，而 5 座

管架橋及橋梁附掛管線中新生北路大圳民族東路跨圳(北側)管架橋損傷嚴重，有安全上之顧慮，中正橋附掛 ϕ 500mm 管線損傷顯著，功能可能降低，其餘 3 座皆屬安全無虞。

表 7. A.B.C.D.系統評估方式

判定等級	狀況
A→1	損傷輕微，需作重點檢查。
B→2	有損傷，需進行監視，必要時視狀況補修。
C→3	損傷顯著，變形持續進行，功能可能降低，必須加以補修。
D→4	損傷顯著，有重大變形及結構物功能降低，為確保交通之安全順暢，
N→0	無此項目或無法判斷結構物之損傷狀況。
OK	上述以外之場合。

表 8. 4 座水管橋初步評估結果

橋名	上部結構—拱圈及橋塔	上部結構—水平及橫構	支承	下部結構橋墩	下部結構橋台	管線部份伸縮管	其他附屬設施
新店水管橋	B 拱圈焊道脫漆	B 螺栓腐蝕	B 銹痕	OK	B 嚴重中性化	B 伸縮接頭脫漆	C 欄杆銹蝕
永福水管橋	OK	B 螺栓腐蝕	OK	OK	OK	B 排氣閥蓋損壞	OK
圓山水管橋	C 續接板銹蝕	OK	OK	OK	OK	B 伸縮接頭脫漆	OK
劍潭水管橋	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表 9. 5 座管架橋及橋梁附掛管線初步評估結果

權管單位	橋名	加權分數	初步評估
東區營業分處	新生北路大圳民族東路跨圳(南側)管架橋	46.25	B
東區營業分處	濱江街圓山河管架橋	52.5	A
東區營業分處	新生北路大圳長春路跨圳(北側)管架橋	52.5	OK
東區營業分處	新生北路大圳民族東路跨圳(北側)管架橋	53.75	D
西區營業分處	中正橋附掛 ϕ 500mm 管線	55	C

經由初步檢測評估結果可知，4 座水管橋目前皆屬安全無虞，故僅需於保固期間進行必要之定期維護管理，即可確保結構之安全。另 5 座管架橋及橋梁附掛管線除新生北路大圳民族東路跨圳（北側）管架橋應立即進行維修補強處理，及中正橋附掛 $\phi 500\text{mm}$ 管線須加以補修處理以避免功能性降低外，其餘 3 座皆屬安全無虞，於未來應持續進行例行性檢測作業。

五、結語

維護自來水供水設施安全為自來水事業單位責無旁貸之責，此次辦理 4 座水管橋及 39 座管架橋或橋梁附掛 $\phi 500\text{mm}$ 以上管線安全評估，希望透過本計畫之執行過程及評估結果，建立基本資料及檢查表，作為各項工程設施（如淨水場、加壓站、配水池及機電系統等）維護管理之參考，未來亦應制定定期檢測及評估機制，作為未來例行性檢測之依據，發現有安全之虞者，隨即進行詳細安全評估，依其評估結果建議最妥適之補強工法，進行補強細部設計及辦理補強工作，以確保橋梁結構之安全。

期望透過制度的建立及維護管理單位的參與，了解工作內涵及經驗傳承，以提升自來水各項供水設施及系統安全與功能，延長使用壽命減少損壞之機率，預防災害發生所可能造成的損失。

參考文獻

- 1.交通部運研所，95 年度橋梁維護管理訓練講義「橋梁維護管理作業機制」。
- 2.交通部，「公路橋梁耐震設計規範」，幼獅文化事業公司，1997。
- 3.李有豐、林安彥，「橋梁檢測與補強」，全華科技圖書股份有限公司，民國 89 年 8 月。
- 4.國立中央大學，「台灣地區橋梁管理系統之發展」，交通部運輸研究所，民國 90 年 11 月。
- 5.國立台北科技大學，「建立橋梁檢測制度方法及準則之研究」，交通部運輸研究所，民國 91 年 3 月。
- 6.中華民國自來水協會「自來水設備工程設施標準解說」，民國 84 年 12 月。
- 7.中華民國自來水協會「自來水設施耐震設計指南及解說」，2002 年。

自來水淨水廠營運智識支援系統之建置與推廣

林秀麗*

一、前言

對於自來水供應者而言，其主要目的乃是加強淨水場之處理能力，以符合法規標準並提供優質且穩定之供水。

自 92 年起為有效提昇水公司淨水場之操作，利用綜合效能評估技術來鑑定淨水場中水質處理不良的原因，並判斷是否將原有之淨水場設備，加以妥善利用，以期達到最佳的處理效率及效能，並對淨水場之設計、管理、操作及維護之完整檢視及分析，以達淨水場之最佳化操作。自來水公司乃辦理相關計畫委外技術研究，由交通大學黃志彬教授，利用綜合效能評估技術來鑑定淨水場中水質處理不良的原因，建立適用於台灣地區淨水場前瞻性、整體性的「營運效能評估及輔導 (OPEE)」系統，藉由資訊平台的建置，整合各項操作、檢驗及營運的資料，經系統化、標準化、合理化、資訊化與專業人員自我實現，產出與自來水公司淨水場管理相關之智

慧資產，並建立專有技術知識化之典範，以完成淨水場現代化的目標。對水公司所屬之淨水設施進行處理效能之探討及改善，使得淨水場舊有的設備可發揮最大的處理能力並達到最佳的處理狀況，避免投注大量的經費添購或修正原有的設備，以加強淨水場之處理能力，以符合未來日趨嚴格的飲用水水質標準。

營運效能評估及輔導 (OPEE)計畫包括廠(所)自我營運效能評估制度 (CCP)及營運智識支援系統 (OKS)，營運智識支援系統支援自我營運效能評估，本專題乃以營運智識支援系統之研究成果作一專題闡述。

二、淨水場設備及操作評估模組

本研究第一年已建置具基本功能之淨水場設備及操作評估資訊模組，並且已將 416 份問卷資料手動輸入。本期之建置重點在於確認所需之評量資料皆已搜集完全、潛勢能圖開發及系統整合及

*智磊知識服務股份有限公司 經理

系統上線測試。茲說明各項工作之細節如下：

1.淨水場資料寫入正確性驗證及寫入程式修改

淨水場效能評估資料共計四百多個欄位，為確保資料的寫入無誤，本期對於資料的寫入程式做了完整的測試及修改。另為方便使用者進行資料的閱讀及編輯，本期將四百多個欄位分為三個部份來呈現與編輯，降低了一次查看多筆

欄位的不便及產生錯誤的機會。

2.潛勢能圖製圖規則需求搜集及確認

潛勢能圖（如圖 1）表現出目前之各淨水場之實際出水量及各淨水單元之計畫出水量，其中各淨水單元之計畫出水量涉及複雜的判斷及運算，本期已針對此部份之判斷及計算規則進行詳盡的需求了解，並已完成此部份的系統開發工作。



圖 1 潛勢能圖製圖規則

註：以下計算公式之對應欄位皆以第一期為例

判斷期數：以快濾池各期池長(K7, K9, K11)來判斷，若該期之快濾池池長有值，則視為有該期資訊

目標最大出水量

公式

$$\text{第一期最大處理量} = \text{平均取水量} + \text{平均迴流量}$$



厚板池

公式

$$\text{設計合理處理量} = (\text{水池長(m)} * \text{水池寬(m)} * \text{水池深(m)}) * \text{座數} * \text{停留時間(min)} / 60 * 24$$



膠羽機型式(C245)為'豎軸型'或'橫軸型'時，停留時間 = 30
膠羽機型式為'水力混合型'時，停留時間 = 25
餘 為20

範例

$$\text{K9安樂淨水場} = (4.8 * 4.8 * 3.6) * 1 * 30 / 60 * 24 = 1.728$$

問題

修改階段數為期數
新增'池數'欄位

沉澱池

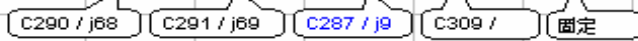
情況一 傳統沉澱池

當 j39(是否有高速膠凝池)為'否'時

公式一 有傾斜板時

C308 / j21 = '有'

$$\text{設計合理處理量} = (\text{水池長(m)} * \text{水池寬(m)}) * \text{池數} * \text{傾斜板比率} * 150$$



範例

$$\text{L9六堵淨水場} = (28 * 7) * 4 * 2.05\% * 150 = 2410.8$$

問題

公式二 無傾斜板時

C308 / j21 = '無'

$$\text{設計合理處理量} = (\text{水池長(m)} * \text{水池寬(m)}) * \text{池數} * 8$$



範例

$$\text{K9安樂淨水場} = (35 * 9) * 4 * 8 = 10080$$

問題

當C294'有無傾斜板'欄位沒有值時，視為無無傾斜板？

情況二 高速膠凝沉澱池(污泥銹沉澱池)	
當 139(是否有高速膠凝池)為'是'時	
公式	設計合理處理量= (水池長(m)*水池寬(m)) * 座數 * SOR
範例	09新山淨水廠 = 29*29 * (1) * 60 = 50460
問題	新增二期 三期攔位 濁度取 C52
特別注意：當某期之沉澱池為高速膠凝池時，該期必無膠凝池資訊	
快濾池	
公式	設計合理處理量= (水池長(m)*水池寬(m)) * 池數 * 設計濾率(SOR)
範例	K9安樂淨水場= (4.8*4.2) * 8 * 250 = 40320

3. 攔位異動需求搜集及確認

在規劃潛勢能圖製圖規則時，發現部份所需攔位並未納入原問卷範圍內，本期已針對此部份之規則進行需求了解並已完成其系統開發工作。

4. 新增權限控管功能

淨水場基本資料需要專人來進行資料之修改及新增，因應此需求本期新增使用權限之設定及控管功能。目前使用者可分成三類，其各自之使用權限如下：

使用者類型	所具權限
一般使用者 (Normal User)	1. 可查詢廠(所)的淨水場效能評估資料
廠所資訊管理者 (Power User)	1. 可查詢所有廠(所)的淨水場效能評估資料 2. 可修改其授予權限廠(所)的淨水場效能評估資料
系統總管理者 (Super User)	1. 可查詢所有廠(所)的淨水場效能評估資料 2. 可修改所有廠(所)的淨水場效能評估資料 3. 可編輯所有的分類基本資料 4. 可以設定權限控管規則

5.程式開發及淨水場設備及營運效能
評估模組系統整合測試

以前述之新增或變更需求為本，進行程式之開發及設計工作，並進行系統的整合測試作業以確保資訊系統的品質。

三、營運智識支援系統之建置及使用

1.建構營運智識支援系統管理流程

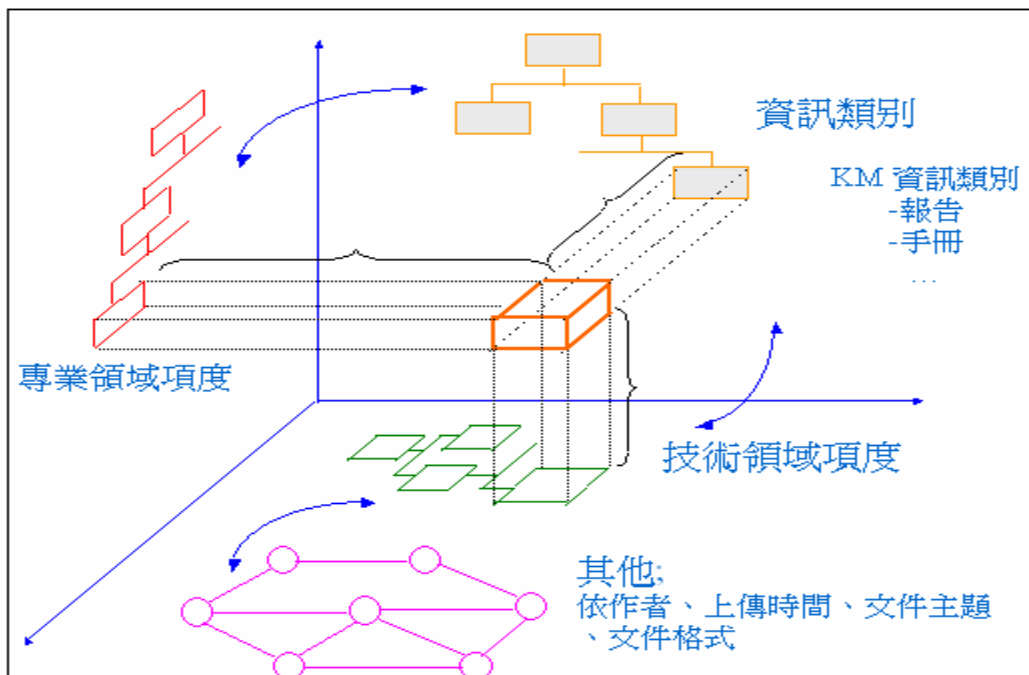
管理流程為系統開發的依據及系統使用之準則。本次營運智識支援系統的管理流程設計乃以系統化的方式，由流程分析、產生知識地圖、設計分類法則(Taxonomy)、設計文件架構及文件內容管理程序等步驟，逐一建構出系統及管理程序的樣貌。茲說明各個步驟之規劃

內容如下：

(1)流程分析與產生知識地圖：應用「建立自來水公司淨水場綜合效能評估研究及試行」計畫執行步驟為本，探查各步驟之知識需求及知識產出，以繪製標示著知識需求及來源的知識地圖，確保重要知識不會被遺漏在分類項目之外。

(2)KM 分類法則需求搜集及 KM 分類法則設計-以知識地圖為依據，規劃出能讓使用者以最直覺的方式查詢到所需文件的分類法則。此外，規劃以三個項度(資訊類別、專業領域、技術領域)來進行文件的查循及歸類，以滿足在概念上文件分類的合理性並進一步提高查詢效率，如圖 2 所示。

圖 2 KM 分類採三維項度示意



(KM 分類法則-Taxonomy)

資訊類別			L1	L2	L3	L1	L2	L3		
規章			Category	Key Subject	Detail Subject or Modules	Category	Key Subject	Detail Subject or Modules		
行政命令			技術項度	技術領域	技術項目	技術項度	技術領域	技術項目		
研究報告										
國內參考文件			進水設施	抽水機	自動	過濾	濾床			
國外參考文件				攔污柵	手動		濾料	石英砂		
已知經驗方法				分水設施	閘式			無煙煤		
技術經驗分享					溢流式			其他		
			混凝	加藥	消毒劑	反沖洗	表洗			
							助凝劑	氣洗		
							機械式			
				快混	水躍式					
						管中混凝				
				慢混	其他					
			沉澱	傳統	水力慢混	消毒	液氯			
							機械慢混	次氯酸鈉		
				污泥氈	重力	廢水處理	污泥塘			
							傾斜管	廢水池		
				刮泥	平底式	污泥處理	曬乾床			
							脈衝式	機脫		
				集水堰	迴流式	高級處理	軟化	結晶軟化		
								鏈條	薄膜	
							往復	除臭	活性碳	
					三角堰		臭氧			
					孔口堰					
				四角堰						
				平口堰						

(3)設計文件索引表-依據 KM 分類法則之內容，設計文件索引表格如下：

文件類別			
資訊類別	工程技術		
文管資訊			
文件編碼			
文件系統碼	系統設定自動帶出	登錄時間	依系統時間
文管流程	依文件類別		
機密控管			
授權讀者	<input checked="" type="radio"/> 群組	<input type="radio"/> 個人	
專業領域			
專業領域			
技術類別			
主技術項度		次技術領域	
技術項目			
作者資訊			
姓名	系統自動帶出	電話	系統自動帶出
事業處	系統自動帶出	部門	系統自動帶出
內容架構			
標題			
說明			
附件一		附件二	
附件三		附件四	
附件五		附件六	

(4)設計首頁文件架構-依據 KM 分類法則及相關系統使用需求，規劃首頁

文件架構如下：



(5)規劃文件內容管理程序-文件內容管理程序之主要步驟有：文件上傳、文件審核及專家評分、文件公布、讀者評分等。在本案的規劃上，考慮水公司現行的狀況及使用初期應以簡單應用來提高同仁對系統的接受度這個原則，目前規劃上除「已知經驗方法」需由直屬主管審核外，其餘文件之上傳皆不需審核即能上傳到知識庫。

案之投資成效，並協助水公司建立學習型組織，乃規劃自系統上線日起至 96 年 03 月 31 日止，進行以廠所為單位之內部『尋找水知識達人』活動，以 OKS 文件貢獻與學習兩個方向舉辦競賽，並同時透過高階主管的鼓勵與協助，找尋出水知識達人團體獎與個人獎得主，藉此活動鼓勵水公司同仁建立分享與創新的學習型組織。獎勵辦法說明如下：

(6)規劃促進同仁分享及學習意願之系統使用獎勵措施-為確保 OPEE 專

獎項	獲獎條件	獎額
貢獻達人團體獎	以廠所為單位，在活動期間於 OKS 系統中，分享文件數最多之廠所獲獎。	金石堂圖書禮券 新台幣八千元整
貢獻達人個人獎	以個人為單位，在活動期間於 OKS 系統中，分享文件數最多之個人獲獎。	金石堂圖書禮券 新台幣四千元整
學習達人團體獎	以廠所為單位，在活動期間於 OKS 系統中，點閱學習文件數最多之廠所獲獎。	金石堂圖書禮券 新台幣八千元整
最佳人氣個人獎	以個人為單位，在活動期間於 OKS 系統中，所分享之文件被點閱學習次數最多之個人獲獎。	金石堂圖書禮券 新台幣四千元整
知識達人團體獎	以區處或廠所為單位，在活動期間協助 OKS 系統推廣，貢獻最多之區處或廠所獲獎。	金石堂圖書禮券 新台幣一萬元整
知識達人個人獎	以個人為單位，在活動期間協助 OKS 系統推廣，貢獻最多之個人獲獎。	金石堂圖書禮券 新台幣五千元整

2.營運智識支援系統程式開發及系統整合測試

以前述之系統管理流程為本，進行程式之開發及設計工作，並進行系統的整合測試作業以確保資訊系統的品質。

3.營運智識支援系統移轉至正式環境

結合淨水場效能評估系統，為提升系統運作效率，乃以兩台伺服器來支援系統運作。其系統部署結構如圖 3 所示。

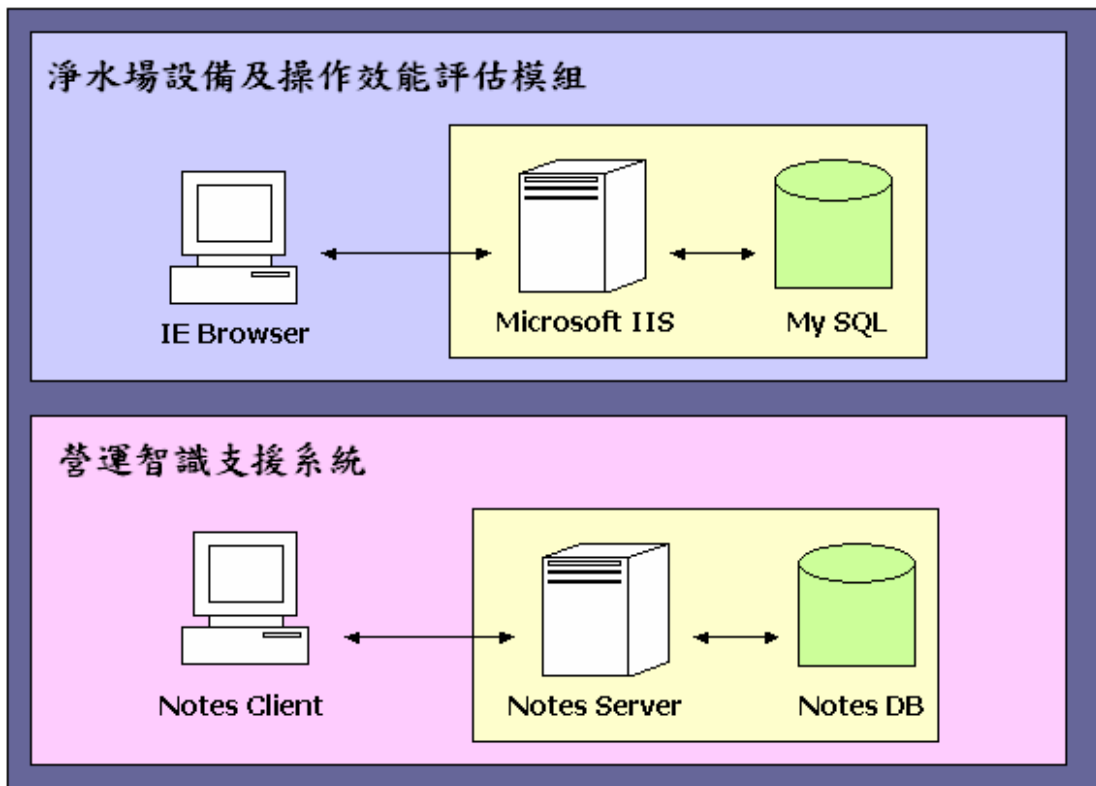


圖 3. OPEE 系統部署結構

另為確保系統順利移轉至正式環境，專案團隊乃以下列步驟進行移轉作業：

- a. 測試環境系統安裝及整合功能測試 (Soft Launch)
- b. 正式環境系統安裝及整合功能測試
- c. 系統正式上線
- d. 協助解決上線後遭遇問題

四、教育訓練及撰寫使用者操作手冊

為幫助同仁儘早熟悉系統，撰寫以圖示為主、步驟分明的使用者操作手

冊，待系統上線後會將其直接嵌在系統上，使用者有任何疑惑時可直接線上點選操作手冊來獲得協助。

另配合 OPEE 專案之整體教育訓練規劃，已於 95 年 11 月 8 日至 95 年 11 月 10 日三天，於水公司員工訓練所進行系統說明及實機演練教育訓練，訓練內容包括「營運智識支援系統架構說明」、「淨水場設備及操作評估資訊系統模組使用方法」、「營運相關技術及知識系統模組使用方法」等，受訓員工計 105 人次。講習過程中學員多踴躍參與，並於課程完畢後給予肯定的授課評量。

時間	課程	講師
8:00 ~ 08:30	學員報到	
8:30 ~ 09:10	水公司水廠操作營運管理 未來發展	總經理或供水處經理
09:10 ~ 10:10	營運效能評估(OPEE)制度及 執行方法 (1)	黃志彬、甘其銓 教授
10:10 ~ 10:30	休息	
10:30 ~ 12:00	營運效能評估(OPEE)制度及 執行方法 (2)	黃志彬、甘其銓 教授
13:30 ~ 14:20	營運智識支援系統架構說明	陳淑芬 顧問
14:30 ~ 15:20	淨水場設備及操作評估資訊 系統模組使用方法	林民頤 顧問
15:30 ~ 16:20	營運相關技術及知識系統模 組使用方法	林秀麗 顧問
備註	上課地點: 水公司員工訓練所	

OPEE 課程精彩剪影





五、建議事項

營運智識支援系統已完成功能性的系統建置，各淨水場之營運效能基本資料也將隨之輸入完備。各淨水場也可以據以自我評估營運效能，加上本系統所提供之知識物件分享平台，各式以結構化存在的操作資訊及非結構化存在的操作知識，將會豐富水公司內部之組織知識。

然而如何鼓勵員工在將資訊公開化、透明化的同時，也能將其對淨水場之設計、管理、操作、及維護已知之經驗或方法不吝的貢獻出來，透過營運智識支援系統收集各人知識而成爲組織知識乃是一大挑戰。也唯有透過變革管理之手法才能有效的發揮營運智識支援系統最大的效益。因此建議於本計劃結束後：

1. 持續 OPEE 推廣辦法之實施

爲鼓勵同仁發揮樂於分享的工作精神，建立水公司知識創新的企業文化，持續實施 OPEE 推廣辦法才能有效並

長久的落實此一企業文化。此推廣辦法將因時制宜，務求知識之量與質並重，並考量與公司之獎懲制度作一具體結合。

2. 內部專家及跨廠所之標竿式學習

配合示範性給水廠之現場評估運作及演練，進行培養水公司內部之自評專家，結合外部專家之知識，可不定期舉辦跨各淨水場之標竿式學習，各淨水場除了透過 OKS 系統中之示範性給水廠之現場評估運作及演練多媒體教材之自我學習外，亦可至其他淨水場觀摩其現場評估運作及演練。如此之標竿式學習，不僅可培養出水公司內部之自評專家，甚或找出標竿淨水場。

3. 營運智識支援系統之功能擴充

(1) 與以淨水場爲基本資料單位之系統整合，如公共給水網站系統等等因現有系統如公共給水網站、水質檢驗警示系統等，多有基本資料重複，若能重整資料庫架構，則能減少資料之重複輸入及錯誤。甚或可設計以 excel 之資料上傳不同需求之系統，系統架構示意如圖 4。

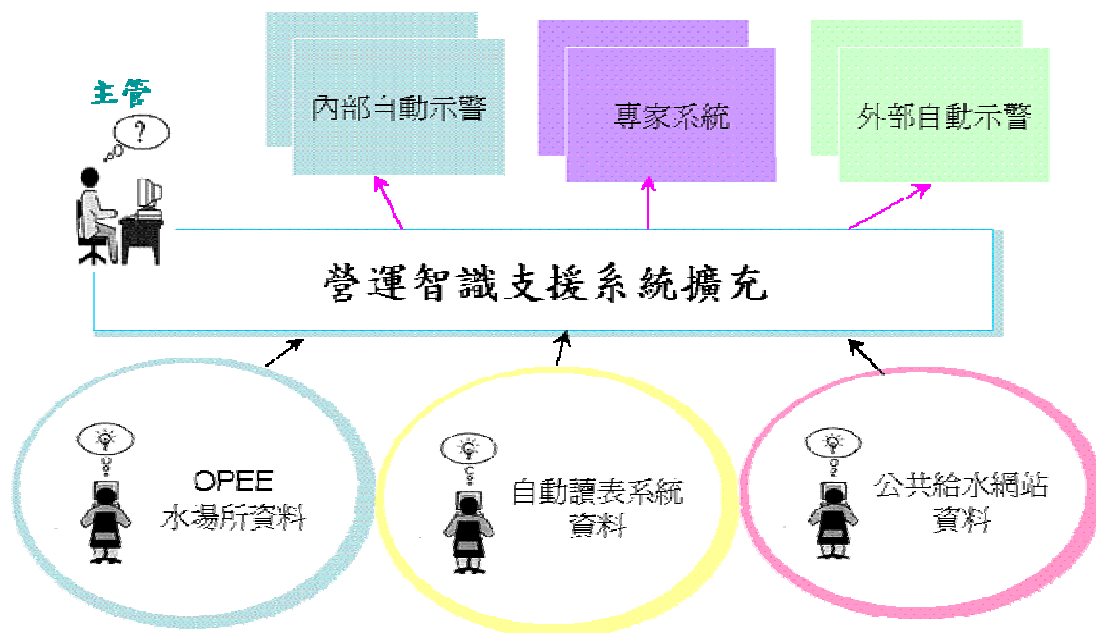


圖 4. OPEE 系統架構擴充示意

- (2)資料進一步分類，區分動態及靜態欄位，以快速找出資料。
- (3)根據不同職掌提供相關查詢界面。
- (4)動態提供新增欄位，如分期資料。

- (5)新增淨水場基本資料，可以複製現有資料之方式為之。
- (6)可動態查詢如每日出水量、原水濁度及加藥量。

鯉魚潭給水廠污泥含砷原因探討

吳勝雄*

一、研究目的

鯉魚潭給水廠淨水產生之污泥，依歷次「毒性特性溶出程序」(TCLP)實驗數據(如表 1)，溶出濃度均低於「有害事業廢棄物認定標準」，歸為一般事業廢棄物。不同於 TCLP 實驗，94 年 2 月起另外採樣進行 4 次污泥成分分析(結果

詳如表 2)，所測得砷含量平均為 54.2mg/Kg，雖不致超過但仍頗為接近環保署公布之土壤污染管制標準(60 mg/Kg)，致使污泥再利用之目的事業主管機關有所顧慮。因此本報告目的在於確認砷含量偏高之原因，進而研討淨水操作流程之操作修正與廢水處理改善等相關作為。

表 1. 歷次污泥 TCLP 檢驗數據

採樣日期 項目	92.5.8 (禾盛培養土)	92.12.19	93.9.1	94.3.22	溶出毒性事業廢棄物 毒性特性溶出程序(TCLP)溶出標準
六價鉻	N.D.	0.01	—	N.D.	2.5
總鉻及其化合物	0.005	N.D.	N.D.	0.005	5.0
總鎳及其化合物	0.004	N.D.	N.D.	N.D.	1.0
總鉛及其化合物	0.08	1.15	N.D.	N.D.	5.0
總銅及其化合物	0.01	0.15	N.D.	0.005	15.0
總硒及其化合物	—	0.002	—	N.D.	1.0
總砷及其化合物	0.001	0.009	0.002	0.013	5.0
總汞及其化合物	0.0008	N.D.	N.D.	N.D.	0.2
單位：mg/L —：表該檢項未施測 N.D.：低於偵測極限					

*臺灣省自來水公司供水處工程員

表 2 歷次污泥成分含砷檢驗數據

污泥含砷 濃度(mg/L)	採/送樣 日期	檢測公司
47.4	94.2.25	台灣檢驗 (SGS)
69.9	94.6.13	台灣檢驗 (SGS)
45.9	94.8.17	建利
53.6	94.8.19	佳美
平均 54.2	土壤污染管制標準 : 60(mg/L)	

二、研究假設與影響推估

(一) 限制條件與變數

因砷相關化合物有揮發、隨大氣傳輸擴散之特性，在空氣污染防治方面屬於極少數之人為排放，故暫不考量此部分沉降於水庫與給水廠之影響，亦忽略水廠本身可能存在之背景值。

(二) 文獻回顧與影響推估

1. 砷之用途與毒性

由於地殼之化學組成中有各式各樣之砷化合物，故常見其廣泛存在於水體或飲用水，在量體上有多寡之差別。在台灣、阿根廷與智利，砷是地下水中自然產生的污染物，除此之外，砷之釋放可經由採礦廢水方式滲透至飲用水水體中。用途上可做為木材保存劑、除草劑、玻璃製造用與電子業製程。在海產中可

發現大部分的砷以有機物型式存在，但由於有機砷容易被排泄代謝而離開身體，故普遍認定為毒性較低。

由於污泥大致上由固體物與水分所組成，就質量平衡而言，固體物的成分來源主要為原水水質及淨水加藥等兩方面，污泥之總砷含量偏高即由此來分析成因。

2. 多元氯化鋁 (PACl) 之影響推估

若PACl含砷濃度為 0.05 mg/L(即 50 ppb)，以該廠 94 年 1 月分廢水污泥量計算為例，出水量 (Q) 為 17,191,000 m³，原水濁度月平均值為 1.03 N.T.U.，PAC 用量為 150000 Kg，用藥率 (PACl) 為 8.7 ppm，色度C為零，本月污泥量 (Q_s) 以公式 (AWWA經驗公式) 推估為：

$$\begin{aligned} Q_s &= Q \times 10^{-6} \times (T + 2C + 0.153PACl) \\ &= 17191000 \times 10^{-6} \times (1.03 + 2 \times 0 + 0.153 \\ &\quad \times 8.7) \\ &= 40.7 \text{ ton} = 40700 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PAC 含砷量} &= 150000 \text{ Kg} \times 50 \times 10^{-9} \\ &= 7500 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{污泥因 PAC 加藥之含砷濃度} \\ &= 7500 \text{ mg} / 40700 \text{ Kg} \\ &= 0.184 \text{ mg/Kg} \end{aligned}$$

計算結果 (0.184 mg/Kg) 與污泥實測平均值 54.2 mg/Kg 相較之下，差距達 294 倍，另因本廠之 PACl 含砷檢測均為

N.D.(低於 50 ppb)，故忽略 PACl 之影響應屬合理。

3.原水含砷量之影響推估

鯉魚潭水庫之環境影響評估⁽¹⁾曾檢測水質，結果均未能檢測出砷，本廠歷次之水質含砷濃度（如表 3 所整理）分布約介於 0.0034 mg/L 至 N.D.之間，此外亦有文獻⁽²⁾，添加 PACl 有助於淨水流程中砷之去除。因污泥有濃縮不純物之效應，假若原水濁度為 2.5 N.T.U.，經處理去除掉 2.0 N.T.U.，在污泥產量計算

中 2 NTU 濁度可產生 2 mg/L 之污泥，而砷濃度經歷年檢測資料研判約可減少 0.0001 mg/L（即 0.1 ppb），由此計算出砷於乾污泥之比例為：

$$0.0001 \div 2 = 5 \times 10^{-5} = 50 \times 10^{-6}$$

比例與污泥成分檢測之數據相當接近，故初步研判砷含量偏高應為污泥濃縮效應所致，但為求進一步確認，仍規劃對原水與各淨水單元產生廢水進行砷之採樣分析。

表 3. 歷次水質有關砷分析資料

採樣日期	樣 本	砷濃度(mg/L)	方法偵測極限
92.3.12	鯉魚潭水庫上層	0.0012	0.0007
92.3.12	鯉魚潭水庫中層	0.0018	0.0007
92.3.12	鯉魚潭水庫下層	0.0015	0.0007
92.3.12	鯉魚潭回收水	0.0009	0.0007
92.6.11	鯉魚潭原水	N.D.	0.0007
92.6.11	鯉魚潭清水	N.D.	0.0007
92.6.11	鯉魚潭一期回收水	0.0007	0.0007
92.6.11	鯉魚潭二期回收水	N.D.	0.0007
92.9.3	鯉魚潭回收水	N.D.	0.0007
92.9.4	鯉魚潭一期回收水	N.D.	0.0007
92.12.10	鯉魚潭原水	0.0034	0.0007
92.12.10	鯉魚潭清水	0.0034	0.0007

93.5.6	鯉魚潭清水	N.D.	0.0006
93.5.12	鯉魚潭原水	N.D.	0.0006
93.5.12	鯉魚潭一期清水	N.D.	0.0006
93.5.12	鯉魚潭二期清水	N.D.	0.0006
93.8.9	鯉魚潭原水	0.0015	0.0006
93.8.9	鯉魚潭清水	0.0008	0.0006
93.11.9	鯉魚潭原水	0.0009	0.0006
93.11.9	鯉魚潭清水	0.0008	0.0006
94.4.11	鯉魚潭原水	N.D.	0.0008
94.4.11	鯉魚潭清水	N.D.	0.0008
94.10.11	鯉魚潭原水	0.0012	0.0008
94.10.11	鯉魚潭清水	0.0012	0.0008

1、飲用水水源水質標準：0.050 mg/L 。2、飲用水質標準：0.010 mg/L
3、N.D.：表示濃度低於偵測極限

三、分析規劃

欲了解砷含量偏高是否為污泥濃縮效應所致，可由各淨水設備廢水之濁度與其含砷總量濃度來相互印證。該廠淨水設備自分水井後分為二期，第一期屬高速膠沉設備，設計出水量為 50 萬 CMD，設備處理流程約 1.25 小時，第二期則為傳統傾斜管設備，設計出水量為 60 萬 CMD，處理流程約 1 小時。故規劃分析採樣點如下：

1.原水、清水

2.一、二期淨水單元廢水

- (1)一、二期快濾池反洗廢水各乙點，共二點
- (2)一、二期混凝沉澱池廢水各乙點，共二點
- (3)一、二期污泥濃縮池各乙點，共二點
- (4)污泥曬乾床採乙點。
- (5)一、二期淨水用藥混合採樣為乙點。

分析方法採用較為靈敏之感應偶合電漿（ICP）分析或偵測極限須達到

0.0001 mg/L 之分析方式，且能包含固體物因前處理消化而釋放之砷，另採樣同時量測記錄樣本濁度。

由於污泥所濃縮之不純物，主要來源為集水區降雨沖刷，集水區上游含砷之土壤微粒便順勢流下，匯聚沉積於水庫中，故採集水區表土樣本乙點，以確認砷之來源。

肆、結果分析與討論

分析結果如表 5 所示。本次分析委託上準環境科技股份有限公司，運用感應偶合電漿（ICP）搭配質譜儀（MS）執行樣品中全量含砷之分析，其方法偵測極限可達 0.00002 mg/L，即 0.02 ppb。

表 4 樣本實際採樣點

淨水單元	實際採樣點
快濾池	一期：廢水陰井、二期：廢水池
混凝沉澱池	南側廢水陰井
污泥濃縮池	暫存陰井
污泥曬乾床	一期第 12 池
清水、原水	一樓檢驗室
PAC	一、二期加藥處
土壤	距省道台三線約 70 公尺處之岸邊

表 5. 樣品分析結果

樣本編號	代表點	前處理與分析方法	檢測值		濁度
			mg/L (ppm)	ppb	
950116#1	清水	平板加熱、ICP-MS	0.00069	0.69	0.5
950116#2	原水		0.00078	0.78	2.2
950116#3	一期快濾池反洗廢水		0.00105	1.05	48.2
950116#4	二期快濾池反洗廢水		0.00090	0.90	60.9
950116#5	一期沉澱池廢水		0.00070	0.70	3.3
950116#6	二期沉澱池廢水		0.00099	0.99	34.8
950116#7	一期濃縮池廢水		0.0112	11.20	—
950116#8	二期濃縮池廢水		0.0111	11.10	—

950116#9	一期污泥晒乾床第 12 池		0.0111	11.10	—
950118P	一、二期 PAC		0.0294	29.40	—
950118S	水庫岸邊表土	王水消化、砷化氫原子吸收光譜法	13.1 mg/Kg		

註：950116#1-9 與 950118P 之測值代表樣本含砷之總濃度，亦即包含固體物因平板加熱而釋放全部或部分之砷含量。

(一) 砷之去除效果

清水比原水總砷濃度減少 0.09ppb，可說明在本廠淨水操作對砷稍具有去除效果，且與前文原水含砷對污泥影響推估之假設 (0.1 ppb) 相去不遠。

在本廠無廢水排放情形下，清水中所移除之砷自然而然會累積至淨水污泥中。

(二) 濁度與砷濃度關係

整理如圖 1 所示。

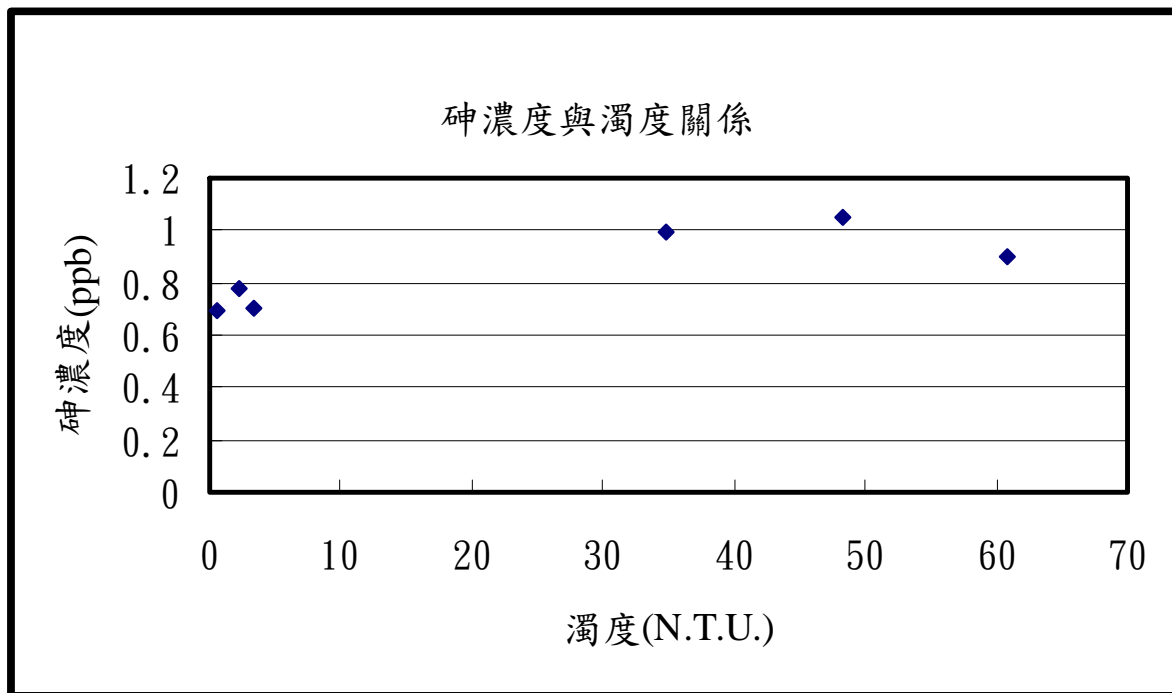


圖 1. 砷濃度與水質濁度關係圖

於圖上可明顯區別高濁度與低濁度之含砷濃度差異，就濁度高者而言，其檢測值確實較濁度低者多出約 0.3 ppb。此圖可說明濁度確有貢獻於砷濃度之增加。

(三) 砷濃度之累積效應

濃縮池與曬乾床為廢水處理設備，其所累積之固體物最多，停留在水廠的時間較長，檢測出砷濃度為皆高出其他淨水單元達數倍之多，顯示出廢水處理流程中砷之累積效應。

(四) 淨水用藥檢測值符合標準

PACl 測值為 29.4 ppb，符合 CNS 標準（小於 50 ppb），且其使用量可約略推算出對於污泥含砷量貢獻甚微。

(五) 表土檢測值

根據環保署地方環境資料查詢系統⁽³⁾所顯示，苗栗縣境內普遍都有砷之檢測值存在，大致介於十幾mg/Kg與N.D.之間。而在鯉魚潭水庫所在行政區域-大湖鄉與卓蘭鎮-則在列舉出的每一採樣點中，表土或裡土都能檢測出砷含量，在此次水庫岸邊表土之砷含量亦符合該特徵，而原水中存在微量之砷亦屬自然現象。

(六) 綜合討論

由 92 年至 94 之 TCLP 資料顯示，各項檢測值均遠低於有害事業廢棄物認定標準，但砷之溶出卻有增高之趨勢

(0.009→0.013 mg/L)，值得後續追蹤注意。環保署地方環境資料查詢系統指出：「鯉魚潭水庫集水區為一高密度開發之農業區，大多為非點源污染包括農地沖蝕、道路沖蝕、崩場地等。」北水處委託淡江大學執行之「淨水污泥餅再利用技術調查及應用於台北自來水事業處淨水廠可行性評估」報告中亦指出，颱風期間高濁度污泥餅之 TCLP 鉛溶出值較日常污泥餅高。就近十年之氣候與降雨異常而言，是否表示因非點源污染之沖刷帶入更多之不純物（包括土壤砷之溶出）沉積於水庫中，亦值得做為水源地管理之殷鑑。

五、結論與建議

(一) 結論

本廠淨水用藥多元氯化鋁的砷含量在中央國家標準（CNS）之內，且其用量對污泥含砷量所造成之影響甚小。砷來源為水庫所在地之地質土壤自然溶出，屬自然現象。污泥因有不純物之濃縮效應，致使成分分析中砷含量有偏高現象。

(二) 建議

1.因原水與清水水質以現階段之操作結果，皆在環保署標準之內，水廠現有操作方式尚無需修正，惟所使用淨水用藥中，如 PACl 與消毒劑-液氯等，因其

提供之廠商會隨發包得標結果而有所更替，建議於招標規範中嚴格把關砷含量檢測值。

2.由於本廠原水水質鐵錳含量偏高，可於淨水處理流程中因部分溶氧的增加而削減，是否因此而連帶吸附水中砷含量，亦值得後續觀察與進一步追蹤注意。

3.淨水污泥之利用於栽培土時仍需添加客土與其他種土壤調配，才能使產品符合栽種需求。因此本廠淨水污泥砷含量雖偏高，經業者調配混合後應可有效降低其濃度，此方面可要求再利用業者，必須通過環保標章的認證來符合產品相關國家標準來加以規範。

4.以鼓勵事業廢棄物再利用之角度而言，法規並無嚴格限制本廠污泥再利用為園藝用土之傾向，成品若只作為景觀植物栽種使用，不混入一般作物農田，對人體無直接食入危害之虞；在日本與

法國淨水污泥用於堆肥、園藝用土已行之有年。建議未來可再與農委會或其他權責機關協調研處，共同申請將污泥再利用為栽培土成為通案，列入「經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式」，才能符合環保署大型國營事業將優先推廣事業廢棄物零廢棄之宣誓。

六、參考文獻

- 1.鯉魚潭水庫計畫環境影響評估，台灣省水利局，民國 79 年。
- 2.蘇金龍，黃庭水，嘉義地區地下水中砷之去除，自來水會刊第二十四卷第三期，民國 94 年 10 月。
- 3.環保署地方環境資料查詢系統。
- 4.台北自來水事業處，淨水污泥餅再利用技術調查及應用於台北自來水事業處淨水廠可行性評估，民國 90 年。

參加「國際水協會第五屆世界水大會」 —談水危機管理、漏水改善及市場經濟

鄭錦澤*

壹、前言

世界水大會是國際上最具吸引力的水領域交流和合作的平臺，在全球範圍內擁有極高的聲望和影響力。自從 1999 年在阿根廷第 22 次自來水大會成功整合上下水道為世界水大會，至今世界水大會已成功舉辦四屆，分別於 2000 年、2001 年、2002 年及 2004 年在法國巴黎、德國柏林、澳大利亞墨爾本和摩洛哥馬拉喀什舉行。歷屆水大會都聚匯了各國政府高層官員、全世界頂級專家、一流的設備生產和製造公司、知名水務公司、優秀協會團體踴躍參與。本屆世界水大會首次在亞洲舉辦，由國際水協會和主辦國大陸建設部共同在北京主辦，來自國際及大陸等地區政府官員、專家學者、企業代表共 3000 多人，其中國際人士約 2000 多人參加了會議。此次筆者有幸研提論文獲大會審查通過，並與會發表技術論文及海報論文張貼，另代表中華民國自來水協會參與耐震維生專題研討會，與其他國家專家學者進行經驗與技術交流研討。

本屆行程中華民國自來水協會原本想組團共同前往，然因台灣省自來水公司有其他行程，須另行安排，且正值相關民意機關開議期間，以致難以組團。此外台灣省自來水公司徐董事長享崑原欲共同前往，臨行前因另有要公無法與會。幾經波折，最後仍在自來水協會積極協調努力安排下，於 9 月 9 日由中華民國自來水協會李理事長錦地帶隊，率領許秘書長培中（臺北自來水事業處副處長）、經濟部水利署曹組長華平夫婦、王科長國樑、臺灣省自來水股份有限公司林副總工程師顯華、第十二區處蘇經理金龍、供水處李工程師兼組長丁來、企劃處謝管理師素娟、臺北自來水事業處王專門委員雪芳、工程總隊王詠民先生及筆者，前往與會。由臺北經桃園國際機場，搭華航班機至香港，再轉機至大陸北京。

本屆大會期間另有駱理事尚廉（國家代表 9/7 啓程開會）、以及幾位教授及先進諸如：葉教授宣顯、黃教授志彬、王教授根樹、鄧教授宗禹、陳教授誠亮

*臺北自來水事業處 正工程師

及臺北自來水事業處侯佩伶小姐等先後自行前往與會。另有業界從業先進代表劉董事長飛龍、王總經理文賢、陳副總經理瑞忠、楊瑞明先生等人自行前往。共同參加由9月10日至15日為期6天的大會、技術交流研討會、專題研討會、論壇、水技術與設備博覽會及技術專業參訪密雲水庫及北京第九水廠等活動，筆者能將此行所見所聞擇要摘錄，自來水從業人員參考之用。

貳、大會宗旨及主要架構

本屆國際水大會主要宗旨為增進世界對亞太地區及發展中國家缺水與水環境狀況的關注，鼓勵發達國家將以往制定政策法律的經驗、管理經驗、先進技術、資金等方式幫助發展中國家更好地解決水資源和水環境問題，同時促進世界水行業先進理念和技術，以及將成功實踐經驗在世界各國加以傳播與應用。其主要日程如表 2.1。

表 2.1 第五屆世界水大會日程表

9月9日 星期六	9月10日 星期天	9月11日 星期一		9月12日 星期二		9月13日 星期三		9月14日 星期四
現場 註冊	現場註冊	國際會議 主題發言 (全體會議) 8:30-9:00		國際會議 主題發言 (全體會議) 8:30-9:00		國際會議 主題發言 (全體會議) 8:30-9:00		國際會議 主題發言 (全體會議) 8:30-9:00
		技術分 組會議 9:15- 13:00	中國水 日 9:00- 12:00	技術分 組會議 9:15- 13:00	市長論 壇 9:15- 12:00	技術分 組會議 9:15- 13:00	農村污水 處理國際 研討會 8:30- 12:00	技術分組 會議 9:15-13:00
		午餐	午餐	午餐	午餐	午餐	午餐	午餐
	開幕式(北 京國際會 議中心) 16:00- 17:30	技術分 組會議 14:30 -18:0 0	中國水 日 13:30- 17:30	技術分 組會議 14:30 -18:0 0	市長論 壇 13:30- 17:30	技術分 組會議 14:30- 18:00	農村污水 處理國際 研討會 14:00-1 7:30	閉幕式
	歡迎酒會	中國水日招待 晚會						歡慶晚宴 (人民大會 堂)
	嘉賓晚宴							
展覽開放 08:00-18:30								

另外大會為世界優秀企業搭建一個展示技術實力與業績的平臺，有利於許多企業在主辦國及世界各國開拓市場；大會也構建一個研討和交流的平臺，各國參加大會代表有機會親自與數千名國

際間水行業的同行進行切磋，他們代表著學術界、產業界和政府部門中許多從事水專業的科研、工程技術和行政人員，這確實是一次國際水行業的深潛交流（示如圖 1 及圖 2）。



圖 1. 國際水協會第五屆世界水大會中華民國與會人員現場合影



圖 2. 國際水協會主席與中華民國與會人員現場合影

2-1、大會主題

本次大會的主題是：保障水安全，促進水資源可持續利用，應對全球水管理面臨的挑戰，實現人類與水環境和諧。在幾天的大會期間，圍繞城市水管理、飲用水處理、污水處理、污水再生利用與非傳統水處理系統、水資源和流域綜合管理、給排水系統的運行管理、健康與環境等七個方面展開學術研討與廣泛交流。大會共設 8 個主題發言，20 多個論壇、650 多次學術演講及 140 多篇張貼論文進行探討和交流。會議同期

舉辦水處理新技術與設備博覽會，展示國內外先進適用的供水、節水和污水處理及其再生利用技術、設備、典型工藝和工程實例。

2-2、會議主要內容

大會透過主題發言、技術交流和專題研討會等形式，交流與推廣世界各國和地區應對水問題、實施可持續水管理的先進理念、最新研究成果和成功經驗。分別說明如後：

(一)主題發言

國際組織和政府官員以及國際著名

專家學者將就實現聯合國水環境和千年發展目標、生物和納米前沿技術及其在水處理中的運用、中國城鎮水發展和改革、點源控制的營養物的管理：全球視角、水和衛生設施的發展趨勢：世界銀行觀點、城市的未來：新加坡綜合水資源管理案例研究、中國水處理新技術發展及 21 世紀城市水管理和衛生選擇等。

(二)技術交流會議

大會圍繞城市水管理策略、水資源和流域綜合管理、飲用水處理、污水處理、污水再生利用與非傳統處理系統、給排水系統運營與管理、健康與環境等 7 大議題，組織了 20 餘場分論壇、650 多個技術演講及 140 多篇張貼論文，就以下方面內容進行學術研討與交流：

1.城市水管理策略：水系統的可持續管理、長期規劃、需求管理、水的社會管理和用戶管理、績效管理和政府監管、定價、融資與資產管理、雨水管理、再生水 and 非傳統水源。

2.水資源和流域綜合管理：水資源綜合管理、地下水管理策略、氣候變化對水資源管理的影響、點源、面源污染及水環境中的污染、物控制、基於環境考慮的流量分配、飲用水水源及取水口保護。

3.飲用水處理：飲用水的感官指標、深度處理技術（生物處理工藝、反

滲透和納濾、吸附與離子交換、氧化技術）、管網漏失控制、消毒及消毒副產物、配水系統的延伸作用、水廠污泥管理。

4.污水處理：除磷脫氮技術、生物膜工藝、污水、膜處理系統、物化、生物處理處理工藝進展、污水處理廠的設計、成本及規劃、工業廢水處理、污泥管理、厭氧消化、污水中的有害物質、臭味及揮發性、氣體控制、廢水處理工藝模型。

5.污水再生利用與非傳統處理系統：污水再生利用、污水農用、替代衛生設施、小型污水系統、人工濕地。

6.給排水系統運營與管理：配水系統中水的水質、污水收集系統的運營與管理、水廠運行與系統管理、污水處理廠運行管理、資訊技術和設施管理。

7.健康與環境：水安全計劃與導則、農村供水、有害物質的檢測、毒性評估及環境、影響、生物降解、有毒物質及新問題、偏遠社區及應急供水、與人體健康相關的生物體。

(三)專題研討會

世界衛生組織、世界銀行、美國水環境聯合會等國際組織、學術團體及有關科研機構將組織 30 餘場專題研討會，主要議題有：

◆水安全計劃

- ◆應對和適應氣候變化的水規劃
- ◆城市水安全與可持續城市
- ◆大型流域水管理：歐洲、美洲、亞洲和澳洲的案例分析
- ◆管理、法規和地方融資策略
- ◆水問題的協調：經濟、環境和社會效益平衡
- ◆水價和水價結構：融資與定價、趨勢與案例研究、可持續的成本回收
- ◆水系統資產管理策略，基準與績效評估指標
- ◆非傳統水源開發：節水、污水再生、海水淡化與雨水利用
- ◆水及衛生設施的發展趨勢、創新性衛生系統
- ◆科技應用：新興生物與納米技術及其應用
- ◆水廠更新改造的創新技術、管網檢測前沿技術、漏滲評估及管理

(四)中國水日及市長論壇、農村污水處理國際研討會

大會期間舉辦中國水日及市長論壇，宣傳大陸在水領域的發展成就，交流地方政府在加強水務管理、水環境治理和水技術創新等方面有效的做法和經驗，為中外水業決策層、學術界和企業界提供資訊交流與對話的平臺。並邀請大陸有關部門介紹大陸城鎮水務改革與發展的戰略與措施，水務管理的政策、

實用新穎技術和發展規劃；邀請有關城市政府代表交流實施可持續水管理的實踐經驗，探討市場機制下中央和地方政府的角色和定位。

(五)水技術與設備博覽會

博覽會將匯集全球著名水務公司、設備製造商、諮詢和研究單位、市政公用事業單位及各國家展團，主要展示世界各國水處理的先進技術、設備、適用方案和工程應用實例。大會還設置了給排水設備展覽會，以及中國城市水環境治理成就展；安排豐富的考察和聯誼活動。

參、大會及主題演講

本屆大會代表有 90 多個國家的政府官員、專家學者和企業家；國際機構和金融組織的代表；中國內地各省、自治區、直轄市有關部門領導、部分城市領導和代表；中國香港、澳門的水業同行們也參加了大會。大會代表超過 3000 人，是國際水協有史以來規模最大的一次盛會；相較於去年亞太水大會約 600 人與會，規模確實較大。另分別摘錄及整理主要演講內容：諸如：國際水協的主席 Laszlo Somlyay 先生演講，以期從業人員瞭解世界水務主要趨勢及大會概況。

3-1、國際水協會主席演講

今天我感到非常榮幸和高興，我僅代表國際水協歡迎各位參加我們首次在中國舉辦的世界水大會和展覽。這是非常難得的機會，一方為最大水業市場規模的國家，另一方是最大的世界水組織，而你們作為世界最優秀的水業專家，讓我們在一起交流加強合作。由於各種污染導致的用水緊張和水資源的衝突，我的發言不是水資源問題產生的原因和影響或其他開放性的問題，我的發言主要集中在科技管理和立法手段。我還想介紹一下國際水協會作為一個成員制的組織，探討六個密切相關和亟待解決的問題和措施。

(一)控制微生物污染

微生物幹擾是何種情況，我們對於影響魚類和其他動物的物質，這種關注正在增加。這種物質有醫藥用品和化學藥品等等，他們通常在水中就可以引發污染問題，因此這類物質被稱為納米污染物。儘管這個幹擾問題在 20 世紀 30 年代就出現了，但是 90 年代才定義，至今我們對這個影響仍然存在，這類物質種類的增加和增長速度非常的快，以至於我們沒有時間來研究這個問題。我們如何對污染源控制和污染防止給予更多的重視，從根源上講這是否是一個涉及文化教育和倫理問題的。那麼答案呢？答案就是我們不知道。對這類物質的有

力的控制措施，國際水協會仍然繼續在此領域努力並且投入更多的精力。

(二)運用奈米技術改善水處理

在這個問題以後，我們提出一個令人振奮的問題，就是奈米技術如何改善水處理問題，我們是不是可以發展納米物質處理這種問題？這並不是空想，我們知道奈米技術可以改變光學和磁力的技術，進而改變了吸附性等，既然相關的研究已經進行了很多，我們有理由相信，奈米工程膜技術具有可以降低污染的功效，此類技術可以應用到發展中國家能源相對缺少的地區。未來的水領域技術肯定依賴奈米反應器，國際水協會在此投資，健康問題會被認真對待。那麼在這兩個問題之後，是比較科技類的問題了。

(三)建立有效的衛生環境與措施

現在我們談一些具體的問題，比如說我們如何在發展中國家建立有效的衛生實施，現在世界上 34 億人，這麼多人所在的國家提供的衛生服務的比例低於 50%，從而對婦女和兒童的健康照顧提供很少，以目前的能力無法達到聯合國的設定的發展目標，因為採取常規的方法無法奏效，我們清楚積累了大量的技術解決措施，包括高端和低端的技術，集中和分散的技術，因此核心問題不應該在這裏出現。那麼失敗的原因到底在

哪裡？以目前的規劃看來會失敗，這是因為首先它並沒有考慮不同城市領域的發展目標存在的差異，例如，從個體家庭的水準來看，目標是平穩、清潔、便利和健康，和整體城市水準看這個目標差異相當巨大。其次，投資決策對施工者保持外部性，第三缺乏對城市佈局及時反饋能力，克服這些缺點的關鍵是在於系統提出具體的解決方法，比如說恰當手段是什麼？提出的方法是不是適用可行？這樣如果將有關各方能夠納入到決策層當中，並與之保持溝通就可以完成目標，這個過程同時也將會對封閉的物質迴圈和再利用給予更多的關注。我們需要更多的、更巧妙的策劃和決策，這也是我的回答，國際水協會正在思考，儘管我們在這方面有經驗，但是如何利用？這就是為什麼我們在 21 世紀建立衛生任務的原因，請各位加入到我們在今後幾天的討論當中，並且做出貢獻。

(四)保留優質的水環境

大家可以看一下我的下一個問題，就是和歐盟水框架有關的問題，歐盟認為在 20 多個國家和區域實行這一方案是很好的問題，他以 30 個指導原因為基礎，以達到更好的整合目標，那麼其中中心思想是在不同的國家保證優質的水環境，執行這一方案的核心就是保留優質

的水環境，考慮到一些大河，比如說多瑙河流域，還有我們也曾經在維也納多瑙河流域召開我們的水大會，可能有很多子流域組成，因此組合和協調這些管理規劃不是一件容易的事情。再比較一下歐盟和美國頒布的清潔水法法案，第一是水通航水體，美國是要求可垂釣和游泳的水質。第二美國的要求效果至今不明顯，第三是缺乏 1972 年以前的水質，這個水是不是改善了現在並不知道，這對歐洲來說是很好的經驗，我們付出了巨大的努力但是目前不知道成效如何。這裏面有很多開放性的問題有待回答，是不是這個過程太複雜，我們是不是清楚生態質量和措施之間的聯繫，相關的成本又有多高呢？

(五)改善海峽對岸的水問題

下面請大家看一下主辦國的問題，主辦國是一個偉大的國家，那麼它的面積同歐洲和美國差不多，但是人口是前兩者的四倍，而且有呈進一步增長的趨勢，它面臨嚴峻的水問題，這些問題通常並存，比如說在主辦國北方，水資源短缺，而且污染也很嚴重，大量的資金要投入進去，達到了數十億美元之多，像這些立法和戰略規劃等等議題，他們是按照數兆美元進行的，基於國家經驗我們回答這個問題是肯定的。那為什麼主辦國不建立適合自己國家的法律呢？

這樣可以為未來的創新留下發展的空間。那麼剛才大家在聽曾培炎副總理講話的時候，也聽到政府的非常重視水問題，而且對於未來制訂了非常宏偉的計劃。

(六) 替代技術發展交流與人才養成

最後一個問題，它是與水危機有關的，我們是不是面臨水危機呢？我想回答這個問題要從消費的角度來看，那麼海水一直被認為是不可利用的資源，但是由於近幾十年來，像技術革新和能源的發展，這幾年海水淡化進步了，這使海水成為可用的資源，現在有大約超過 100 個國家的人利用海水，關鍵的問題是這種技術成本降低的趨勢是不是可以保持下去，也就是說僅有幾座較大規模的技術處理廠表明。由於昂貴的成本增長，基於不同的情況我們的回答也是不同的，限制的因素可能是水、資金、教育等等，那麼國際水協會應該繼續促進國際交流，應當進一步關注下一代，因為可持續發展掌握在他們手中。國際水協會不僅僅是為了這種初等教育，因此我們在一些從業者培訓建立了一些青年專家專案。

女士們、先生們、尊敬的來賓，我提出了六個問題，那麼可能會引出 40 個問題，我想我會繼續將問題拓展到更廣泛的領域來向所有的專家以及公司領

域的各位請大家思考這些問題。那麼正如前面所說的，我們國際水協在銷售知識，而不是解決方案，我們不能讓政客融合起來嗎？我們能到不能和各界保持關係，讓更好政策的實現，這會使我們的水協峰會實現更高效的結果，在今後國際水協會要尋找這些難題的答案，並且提出新的解決方案，這是優秀組織發展的歷程。各位尊敬的朋友，我希望給大家帶來一個高水準的大會，一個碩果累累的交流，以及在主辦國度過美好的時光。謝謝！

最後我想多說幾句，世界水大會是由很多同事來共同組織舉辦的，但是我要特別感謝一些人，也就是大會的主席仇保興副部長，他對我們大會做出了傑出的貢獻。在過去幾年當中我們建立了很好的夥伴關係，我對他有進一步的瞭解，他是一個非常傑出的人，所以我們想在這裏向他表示感謝，想在我們的這次大會上特別提到這一點，希望大家以熱烈的掌聲對仇部長做出的傑出的貢獻表示感謝！

3-2、研討會技術交流活動

在為期幾天的大會中，其主要重點之一就是技術交流，包含主題、技術、專題研討會與海報展覽，主題部份已在前一節說明不另贅言，有關技術論文部分包含自來水及污水部分，中華民國共

獲選 14 篇，另外專題研討獲邀 1 篇，海報論文獲選共 9 篇。筆者發表「提昇臺北供水系統備載容量增加對水危機應變效益」論文（如圖 3 所示）。



圖 3. 第五屆世界水大會技術論文現場發表演情形

3-3、海報論文技術展覽

本屆海報論文共有 297 篇，中華民國獲選總共有 9 篇，包含：編號：(121) - (Prof Tzu-Yi Pai)、編號：(125) - (Prof Chow-Feng Chiang)、編號：(133) - (Mr. Cheng Chin-tse (鄭錦澤))、編號：(180) - (Mr. Chang Chia-Yuan)、編號：(198) - (Mr. Hoi-Ping Shi)、編號：(237) - (Prof. Chi-Mei Lee)、編號：(262) - (Prof. Shiao-Shing Chen)、編號：(284) - (Prof. Shiao-Shing Chen)、編號：(294) - (Mr. Huan-Jung Fan) 等；另海報規格為 120 公分*80 公分，基於版面縮小顯

示供參考（如圖 4）。

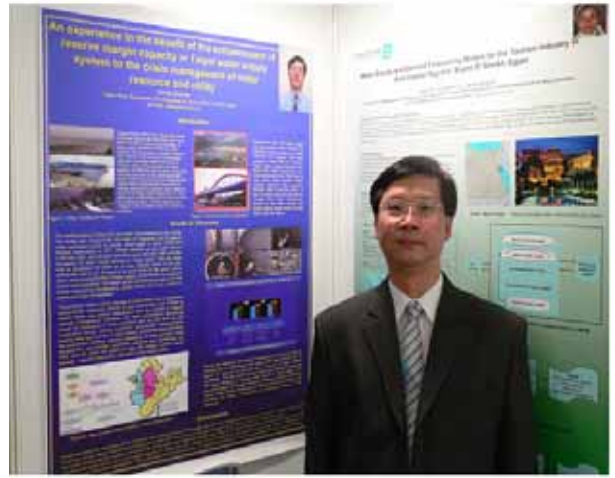


圖 4. 第五屆世界水大會海報論文現場張貼展覽概況

3-4、專題研討會技術交流

本屆有許多專題研討會，筆者受邀參與「Urban Water Security - A Full Day on Planning and Response to Ensure Urban」研討會（城市水安全：規劃和響應確保城市水的恢復）提供經驗分享與參考（示如圖 5）。本研討會由國際水協水安全保障和管理專家組、水安全管理評價、研究和技術協會、日本國家委員會共同發起，研討會專為公用事業管理者、國家和地方政府官員、水安全保障方面的專家、民營企業、研究機構的學者等設立。研討會主要宗旨在分享國際經驗、介紹典型範例和最佳實踐、推廣自然災害（包括地震、颱風等）、恐怖活

動導致的水安全供應面臨的問題和挑戰。本研討會分二部分上、下午先後進行，包含 1.供水防震措施 2.供水危機管理和準備等主題，自 9:15 開始研討至 18:00，由法國 Mr. Bruno Nguyen、日本 Pr. Shinichiro Ohgaki、美國 Mr. Ilan Juran 及以色列 Mr. Sion Cohen 分別主持。



圖 5. 第五屆世界水大會專題研討會現場簡報及詢答

3-5、第五屆世界水大會閉幕

第五屆世界水大會於 9 月 14 日閉幕，辦理大會新舊主席交接，進行國際水協會現任主席 Laszlo Somlyody 先生與下任主席 David Garman 先生的交接儀式。交接時國際水協主席 Laszlo Somlyody 先生說，這次大會辦得很成功。

新任主席 David Garman 亦表示，

希望能夠在前輩的基礎上，進一步加強 IWA 在水資源方面和水創造方面取得的更多成果，讓 IWA 在解決世界水資源問題方面發揮更多、更大的作用。另大會主辦國大陸建設部副部長仇保興出席大會閉幕式並發表談話，在本次大會上，國際水協會授予仇保興“主席榮譽獎”，對主辦國大陸成功舉辦世界水大會給予充分肯定。另大會亦表彰了全球範圍內為水行業的發展作出突出貢獻的組織和個人頒發了證書。另第六屆世界水大會將於 2008 年在奧地利維也納舉辦。因此在大會閉幕式上，仇保興並將大會圖騰移交給了下一屆大會主席沃特·格林 (Walter Kling) 先生，並由新任東道主介紹維也納及播放短片。

3-6、小 結

本屆大會提供一個平臺，邀集各國參加大會代表親自與數千名國際國內水行業的同行進行切磋，他們代表著學術界、產業界和政府監管部門的無數從事水專業的科研、工程技術和行政人員，藉由研討及展覽以促進技術交流，增進世界對亞太地區及發展中國家缺水與水環境狀況的關注，鼓勵發達國家將以往制定政策法律的經驗、管理經驗、先進技術、資金等方式幫助發展中國家更好地解決水資源和水環境問題，同時促進世界水業先進理念和技術以及成功實踐

經驗在世界各國的傳播與應用。同時大會也為世界優秀企業搭建一個展示技術實力與業績的平臺，有利於企業在主辦國及世界各國開拓市場。

另從參與研討的相關研討會可以瞭解下列幾個趨勢：

1.從水資源及自來水安全與風險等管理而言：

供水安全與風險管理的重要性與日俱增，從美國、日本、中國大陸、以色列及台灣等國家的案例中，不管是人為的意外、恐怖攻擊或天然的災變，當面臨水的危機時，頃全國之力投入救災，以及耗費龐大的人力物力及經費是常有的情事，然而，如能於事前做好一些預防及減災的工作，將有助於提升整體防災的成效，因此建議強化系統備援備載等觀念及措施，以及教育訓練和應變演練應儘早規劃及落實執行。

2.從綜合水環境管理及處理運用而言：

不同的環境需要選擇不同的處理方法，藉由不同的研究探討提供許多不同的選項，然而水環境是一體地，從許多國家的案例中可以瞭解惟有做好整體流域管理，對於水處理將有標本兼治的成效。對於運用高級水處理或深層水處理，乃至於奈米處理，畢竟為治標的工作，係大環境改善較緩或有困難時，不得不走的一條路。然而環境不停的改

變，惟有透過持續的研究發展才能解決面臨新的問題，因此，建議相關研究經費籌編及技術研發人才的養成仍宜從寬從速。

肆、技術考察及展覽

本屆技術考察安排上下水道不同的考察對象，自來水部份為北京第九水廠，衛生下水道部份為北京高碑店及清河污水處理廠。另外自來水協會安排考察水資源部份，三訪自來水的上游：密雲水庫及懷柔水庫等北京水務單位。僅就北京水資源及自來水考察概況，並將水技術與設備博覽會分別說明如後。

4-1、北京水資源概況

(一)北京的地質與水環境

世界上許多大城市是傍水而生，最早的北京城卻是傍泉而生。北京有豐富的地下水資源，北京廣大平原地區地底下是一個巨大“地下水庫”。它是距今約300萬年以內自然形成的。北京是由永定河和潮白河沖積形成的傾斜平原，三四千年前，這片平原已基本成型。

北京擁有如此豐富的泉水資源，在世界各國首都中是十分罕見的。但從70年代起，工程師們發現北京的泉水水量不斷減少。北京的地表水源也較為豐富。北京屬海河流域，從東到西分佈有蘆運河、潮白河、北運河、永定河和大

清河 5 大水系。除北運河發源於北京市外，其他 4 條水系均發源于境外的河北、山西和內蒙古。

(二)北京的水務概況

1949 後北京的水利建設，目的是防洪抗災。1954 年開始修建官廳水庫和永定河引水工程，至 1956 年完工，引水工程由石景山的三家店進入北京市區。當時官廳水庫每年可來水 19 億立方公尺，不僅能保證北京用水，還可供應天津、河北。為防治潮白河的洪害並蓄積水量，1958 年又開始修建密雲水庫，1960 年即開始蓄水，形成了華北地區第一大水庫。但是由於人口增加，需水量快速增長，總用水量比 1949 年增加了 40 倍。於是水資源總量開始顯得不足，而且不斷在萎縮，供需矛盾日益突出。官廳水庫和密雲水庫是北京地表水的兩大水源，密雲水庫供應了市區一半以上的日常用水。

密雲水庫為華北地區第一大水庫，最大水深 60 公尺，最高水位水面面積達 188 平方公里，最大庫容 43.75 億立方公尺。控制潮白河流域面積為 15788 平方公里，占該河總流域面積的 88%。其他配套工程有溢洪道三處、泄洪隧道四條、調節池一處、水電站兩座和京密引水渠等。

密雲水庫具有防洪、灌溉、供水、

發電、養殖、旅遊等綜合效益。1964 年成立密雲水庫管理處，設潮河、白河、園林管理所及職工醫院等，共有職工 670 人，負責水庫的維護管理和調度運用。1960 年後，為方便遊人觀光，修建環湖公路 110 餘公里。另為水資源調度，尚有懷柔水庫（庫容量約一億立方公尺），及平谷有應急水源供應變，此外，為有效保護水源水質特訂定「北京市密雲水庫懷柔水庫和京密引水渠水源保護管理條例」，分三級不同範圍及程度的管制與保護；一級管制範圍內採人庫分離原則。

(三)北京水資源調度與改善措施

據估算 2008 年北京市總用水量將達到 38.9 億立方公尺。預計當年降雨形成可利用水量 26 億立方公尺，利用水庫庫存 2 億立方公尺，增加開採地下水 5 億立方公尺，利用再生水 6 億立方公尺。同時，到 2007 年底，南水北調京石段工程將按期完工，2008 年初，河北四座水庫水源可輸送到北京，可增加 3 億立方公尺的水源，將有效緩解北京用水的緊張。屆時北京可動用水量達 42 億立方公尺，確保 2008 年的供水安全。此外，官廳水庫的水原本主要用於北京市西部地區的工業水源，目前處於半污染狀態。禁漁後透過對水庫水的淨化，爭取達到二級飲用水的標準，恢復其飲用

水功能。爲了改善北京水資源的危機，繼密雲水庫、懷柔水庫和平谷水庫之後，官廳水庫明年將成爲北京第 4 個備用飲用水源，今後作爲北京市飲用水的後備水源。

4-2、北京自來水概況

北京第九水廠主要爲解決北京用水的問題，1984 年北京市政府決定建設日供水能力百萬立方公尺的第九水廠。1986 年 5 月工程正式動工，總投資約 60 億元，工程分三期建設，每期設計日供水能力均爲 50 萬立方公尺，到 1999 年 6 月三期工程全部完成，日供水能力達 150 萬立方公尺，佔北京市區供水能力

的一半。它的建造完成通水根本上疏解了北京缺水的緊張狀況。

第九水廠以密雲水庫爲水源，分別在密雲水庫和懷柔水庫建取水廠。通過一條 $\phi 2600\text{mm}\times 33\text{Km}$ 的石墨球狀鑄鐵管和三條 $\phi 2200\text{mm}\times 42\text{Km}$ 的鋼管相連接，將原水送至第九水廠處理（示如圖 6）。藉由加藥—混凝—沈澱—過濾等常規水處理外，另外採用了活性炭吸附，再經氯化消毒的過程，進一步將水中的澀、嗅、味以及各種有機質去除掉，最後將生產出來符合生活飲用水衛生標準的清水送入城市配水管網。



圖 6. 北京密雲、懷柔水庫至第九水廠導水系統一覽圖

1949年前，北京自來水管網呈樹枝狀佈局，自來水管網東密西疏、水壓東高西低、流向由東向南和向西單向供水、供水服務壓力不均衡。1958年，市區三環路以內的環狀供水管網已大體形成；到1989年，直徑1米以上的環狀管網已經基本完善；到現在四環路供水管

線已全線貫通，市區內所有供水管網都已達成蜘蛛狀的環狀管網（示如圖7）。環環相通的供水管網，不僅均衡了地區供水服務壓力，而且使市區的所有水廠縮小了供水半徑，可以有效的實施互補供水，提高了安全供水的可靠性。



圖 7.北京市區主要自來水廠及管網系統示意圖

目前水價結構包含 3 部分：1.自來水 2.污水處理 3.中水；並且採不同行業

類別不同計價基準，此外另收水資源費，示如下表。

類別	自來水 (人民幣元/m ³)	污水處理	中水
居民生活	2.80	0.9	1.00
行政事業	3.90	1.50	
工商業	4.10		
賓館、飯店、餐飲業等	4.60		
洗浴業	60.00		
洗車業、純淨水	40.00		
農賠水	0.60		
水資源費徵收標準為原水每立方公尺 1.10 元			

1999年8月26日，北京市自來水集團有限責任公司正式組建掛牌，開始了機制和體制的徹底變革，由過去計劃經濟靠政府補貼向市場經濟自負盈虧轉變。五年多來，共完成基本建設、技術改造投資近50億元，新增供水管線1000餘公里；另一方面依靠科技的力量，不斷提高對外服務水準，截止到2004年，北京市自來水集團擁有水廠18座，日供水能力268萬立方公尺（受水資源緊缺的影響，供水能力有所下降），管網總長度7065公里，供水服務面積600多平方公里，市區自來水普及率達到了約100%。

4-3、水技術與設備博覽會

本屆會議同期舉辦水處理新技術與設備博覽會，展示國際先進適用的供水、節水和污水處理及其再生利用技

術、設備、典型工藝和工程實例。技術和設備參展商達到240多家，他們分別是中法水務投資有限公司，美國GE公司，北京首創股份有限公司，北京佳康爾水處理技術有限公司等企業，來自90多個國家和地區，新加坡、以色列等國家組成了高規格的政府代表團，是國際水協歷屆世界水大會規模最大、範圍最廣的一次盛會。此次大會期間世界幾家大型水務公司亦積極投入參展行列，諸如：1.威立雅水務公司 2.蘇伊士水務公司 3.英國泰晤士水務公司 4.柏林水務公司 5.日本水道協會。

伍、談水危機管理、漏水改善及市場經濟

5-1、談水危機管理

從本屆參與發表之技術論文及專題

研討會而言，並藉由國際水協水安全保障和管理專家組、水安全管理評價、研究和技術協會、日本國家委員會共同發起，研討會專為公用事業管理者、國家和地方政府官員、水安全保障方面的專家、民營企業、研究機構的學者等參加策劃與研討。進一步探討相關國際間遭遇的水危機（包含城市水安全：規劃和響應確保城市水的恢復），分享國際經驗、介紹典型範例和最佳實踐、推廣自然災害（包括地震、颱風等）、恐怖活動導致的水安全供應面臨的問題和挑戰。

從大陸的案例來看，諸如：松花江事件引起中俄間停止供水。近年來，中國大陸或世界上許多國家，隨著城市水源的日趨吃緊，遠距離、跨流域調度水資源已經成為多數核心城市解決水資源問題的主要措施。同時，為了保護地下水，防止城市地層下陷，嚴格限制了地下水的開採，主要的政策措施是逐漸關閉水井。因此，便形成了許多像哈爾濱一樣城市水源單一、系統脆弱的水源格局。另一方面，這些城市中只有少數城市有戰略性的水源（如北京的密雲水庫）得到了嚴格的保護，而大部分城市依靠大江大河的調度水源直接供應城市水源。這些大江大河由於流域性的特性，功能複雜，還須承擔其他功能，諸如：航運、排放等，因而一旦出現突發事件，

必然會對下游水源系統造成巨大衝擊。

哈爾濱事件主要著重在污染物對於水體的影響，進而衍生出無法供水，以及相關清除污染的經驗，目前借重活性碳粉緊急處置，須至少 2 天的時間，調用全國可供飲用的瓶裝水，緊急供應哈爾濱等地區因中斷用水 4 天，以度過水質重新恢復可供處理，由於係突發事故臨時緊急處理，事情終究處理完成，然而綜觀整件事務，11 月 13 日吉化發生爆炸，10 天後才見具體反應，因此，仍然有許多可資檢討借鏡之處，諸如：1. 城市水源系統的可靠性 2. 跨流域調水流域管理 3. 城市供水應急機制，包含活性碳粉的運用及相關災變應急仍有待進一步強化。反觀台灣臺北地區等也有類似單一水源問題，建議中央與地方政府對於相鄰跨區間水資源及供水系統支援體系應儘早落實建置；對於重大水污染導致全區停水供水，維生用水儲備、應急體系及系統復救，應落實模擬演練。

從日本及美國的案例，包含東京、大阪、橫濱及洛杉磯大都會等供水設施的防震措施、對於大範圍地區緊急行動及復原計畫的區域合作、在日本最近地震中管線位移的影響，以及西班牙提供供水缺乏風險管理時的典型範例。主要著重在耐震計畫相關的介紹，包含事前的減災、強化設施耐震能力，包含耐震

管材及接頭、儲備維生用水及復救的器材設備，教育訓練及演習。另外我們也提供台灣地區臺北大都會對於相關耐震整備作業的做法及經驗。

從這些研討中可以瞭解，對於環太平洋地震帶上的許多國家而言，耐震整備、災後復舊及維生用水儲備供應是必須面對主要課題之一，或因地區特性、或因居民觀念、或因歷史沿由、或因經費籌措等諸多不同考量，然而對於災變的整備，事先投入的工作效益總是大於事後的搶救，因此各級政府及自來水事業體，以及事業體相互間，乃至於與廠商間採取合作是必然的趨勢，並且訂定相關的合作及經費負擔協議，係目前日本方面面臨主要課題之一，同樣地，位處地震帶的台灣亦有類似情況，除了軍警人力簽訂類似協議外，以往皆循臨時性應急模式支援，建議應儘早研擬簽訂相互支援體系、配套措施及費用負擔模式。

有關耐震及防災整體財源經費的出處，參酌國際案例，可依政府體制及社會民情，或採政府負擔、或採水費負擔、或採水費外附加、或採多重混合來源，原則上在現況條件下採取較可行之路。另外對於耐震管材及接頭目前仍以石墨球狀鑄鐵管 S 型接頭耐震效果較佳，但是縱然像日本經歷許多大地震，投入許

多經費，其耐震性管材及接頭 27,710 公里佔全國管線總長度 4.7%；因此，建議增設耐震管材須多方考量，包含：危害度、既有管材汰換時程、新設管材可行性分析（含管材供應及維修）、經費及效益（含風險）、施工技術成熟度等因素，同時應強化全民防災意識，及風險管理受益者付費的觀念，以研訂規劃可行之期程及財源經費。

5-2、談漏水改善

對於水資源整體利用與管理，開發與節流係一體兩面，對於許多國家而言，或因地理及水文環境，或因降雨量及人均可用水量，或因生態環境汙染；或因環境保育觀念等諸多因素，限制水資源開發與運用，因此如何藉由改善滲漏情況，提高水資源節流成效，諸如：在此次國際水務研討會將其定位為戰略指標。因此在許多國家成為水務主流工作之一。從改善滲漏管理而言：目前從許多國家的案例中可以瞭解，主要仍以三考 IWA 的建議為主軸，並依本身不同的環境及條件，進行適度的調整測試，尋找最妥適可行的方法，說明如後：

一直以來，世界上絕大多數國家對供水系統水漏失的量化定義都很含糊，有的採用計量水量，有的採用單位管長漏水量，有的則用百分比，但採用不同的分子分母等等，使得供水系統一方面

存在較高的漏失，但其管理人員卻無法清楚的瞭解其存在及種類。鑒於這種情況，國際水協會于 1996 年成立了一個工作小組，組員來自於英國、美國、西班牙、德國、日本等國的供水系統專家。工作小組前後花了三年的時間，考察了各國的具體情況，以及供水系統的水量平衡，即供水的水源，不同用戶的使用情況，漏失的組成等方面給予一個相對統一，完整且具有較高適用性的定義及分類。根據法國及歐洲的經驗，水池及水塔等滲漏量一般都不高，通過輸水幹管的漏失約佔總漏水量 10%，通過閘門及計量儀表等管件漏失約佔總漏水量 10%，其他主要為配水管及用戶外線管的漏失。

對於先進國家，諸如：美國而言，其檢漏及水計量委員會(Leak detection & water accountability committee) 于 2001 年向美國水協會(AWWA)提交了一份「各州及地區水漏失彙整體系調查研究」報告申請，並委由由一家顧問公司完成，收集了全美 46 個不同管轄地區，包括 43 個州立機構及 3 個地區性機構的調，內容包括如下：水漏失控制政策、水漏失的定義、水量的計量及彙報體系、標準及技術標竿體系、目標及目的、規劃需要、配套措施包含：指標及公佈體系、技術協助、動機及獎勵措施、統

計及強制措施。研究結果顯示，美國多數供水系統缺乏一個完整的水計量、結算、平衡、水漏失定義、彙報及比對的體系。基此，美國開始進行統一水漏失的定義及評定標準，引入了系統漏失指標 (Infrastructure Leakage Index, ILI) 的概念(說明如後)。同時，鑒於供水系統管網使用年數較久，物理漏失嚴重，美國也大力推動相關管網改善減少漏損，預計今後 20 年投資約 850 億美金(約 2 兆 8000 億台幣)在自來水行業管網改善工作；另外投入 302 億美金(約一兆台幣)在水庫改善工作。

目前有關水量產銷差方面主要包含三方面：1.免費供水量：實際供應於社會而不收取水費的水量；如消防用水等。2.物理漏水量：通過系統輸配水管網及城市供水設備滲漏到外界的部分水量。3.帳面漏水量：又稱紙上漏水量(paper loss)”，它指的是由於用戶水錶計量不準確，收費或財務上的錯誤，未經授權的非法用水等造成水公司經濟上損失的部分水量。

在控制工程包括以下三部分內容：1.水漏失控制 2.用戶管理及水錶管理 3.供水系統日常維護及管理。其控制工作是一個綜合的系統工程項目，涉及探漏檢漏技術，管道維修技術，管網改造，供水管理，用戶管理，水錶計量，收費

系統管理，人員培訓，財源資金籌措等等。除依賴水公司自身的力量外，可利用國際先進的管理經驗，技術手段及融資能力，藉由內外合作雙管齊下，以取得良好的整體綜合效益。

IWA 推薦改善物理漏水量之控制主軸如圖 8，其中可修復漏水量須考量經濟的物理控制漏水平（Economic Physical Loss）。此外，世界水協會（IWA）綜合世界 20 多個國家數據，得出供水系統物理上不可避免的漏失計算方法，考量輸配水管總長度、用戶總數及用戶給水外管長等因素，以及系統平均供水壓力，再賦以不同單位數值進行化算，以該法推算臺北地區供水系統物理上不可避免的漏失量每天約 2 萬餘立方公尺，

因此，可以瞭解臺北地區尚有許多可以改善的空間。

改善水量產銷差距的主要四個步驟：

(一)建立水量平衡表，發展供水系統診斷分析，確定經濟的控制漏水基準及產銷差水控制策略。

(二)基於供水系統分析結果確定測試區域進行漏水控制測試項目，彙整經驗。

(三)漏水改善控制項目全面展開推動

(四)結合日常運行維護及管理工工作實現持續保持漏水控制。

以上四個步驟不是相互獨立的，也不是一成不變，而是一個循環，互相支

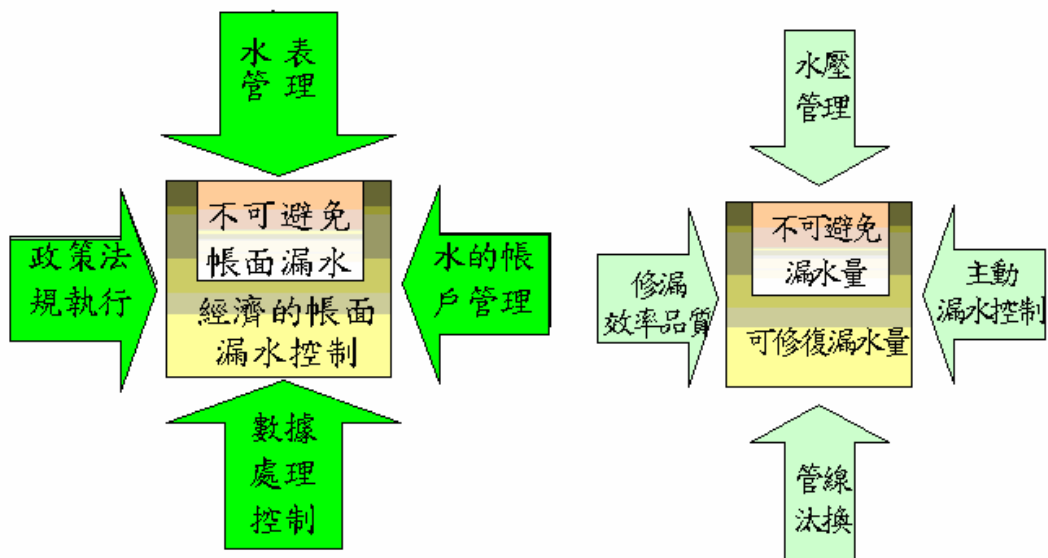


圖 8. IWA 推薦帳面漏水與物理漏水管理四個構面管理

援的過程。由於第一，二步驟的經濟效益不是十分明顯，供水企業總是急於跨越直接到第三步，結果常是欲速則不達，不能夠根本上解決其滲漏損失的狀況。第四步結合日常維護的工作對保持水漏失控制而言至關重要的，是供水企業綜合提高整個管理的關鍵所在。

此外，針對管控指標可以參考系統漏控指標（Infrastructure Leakage Index, ILI），其定義為供水系統現有年物理漏水總量除以系統不可避免的物理漏水量。對於全球 35 個供水企業進行調查的結果，其中 12 個 ILI 低於 2，表示控制漏水良好，15 個 ILI 介於 2-8 之間尚可但須加強，8 個 ILI 高於 8 須積極改進。如何考量投入費用，對於不同系統，其要求有不同的考量，另外可以參考經濟漏水控制基準的指標（Economic Level of Leakage, ELL）。亦即當用於控制漏水所需投入與控制節省水的價值相當時候的 ILI 值。國際水協（IWA）推薦下表給供水企業確定如何訂定其 ELL 值。

ELL 目標	水資源的考量	開發建設/維持考量	財務上的考量
1-3	水資源非常有限，或難以開發新的水資源。	如果漏水情形高於此基準，須開發新的水資源及供水設施。	開發水資源費用很高，由於政策法規或消費者的能力，不可能通過提高水費增加收入。
3-5	水資源足夠，但就永續發展的角度要求節水。	只要保持現有供水設施足以滿足需求。	水資源可以合理的價格進行開發或購買，一定的水價增長可以被用戶接受。
5-8	水資源極為豐富，且容易方便開發。	現有供水設施非常穩定、可靠滿足需求。	現有水處理成本很低，完全可以轉嫁至用戶。
8 以上	從開發建設、維持及財務的角度考量，有些供水系統可以保持較高的 ILI (> 8)，但一般皆主張供水系統應採取一定的措施，逐步降低目標值的基準。		

目前國內水資源開發有主客觀的限制因素存在，針對滲漏損失改善，減少水量損失，進而提升水資源有效利用及管理，是目前大環境下不得不走的一條路。行政院「大投資政策」公共建設套案日前經蘇揆敲定後，確定以「水水水」政策做為加強實施的旗艦計畫，希望達成「不缺水、不淹水、親近水」的目標，其中前者經費為 536.5 億元。此外臺北自來水事業處為降低大臺北地區的供水風險，並配合臺北市縣共飲翡翠水，未來二十年將投資新台幣 418 億元，其中 200 億元將改善老舊漏管網系統，以強化大臺北地區的自來水系統，為大臺北地區打造一張不缺水的保單。

另外為徹底改善各地自來水管線漏水嚴重的問題，台灣省自來水公司徐董事長享崑指示有關部門研議如何有效發揮人力，改進工作方法並引進現代化之測漏技術經專案審慎研究探討後，決心成立漏水防治大隊，負責全台灣（臺北市、三重、永和、中和、新店除外）長達 90,600 公里的自來水管線的檢漏工作，未來更增加總水錶校核、管線汰換及圖資管控、合理水壓、修漏案件追蹤及檢漏人力培訓等工作，期望做到漏水率能降低至先進國家之標準，以確保水資源作最有效的利用。

從前述各級政府及自來水事業體積

極投入相關經費及人力的情形，可以瞭解改善管網漏損及水資源有效利用之用心。另外可藉由參考國際水務協會的相關準則，以及國際上不同國家改善案例，再依國內不同地區的特殊條件加以調整相關作法，依國外的經驗不論由下而上（背景較清楚），或由上而下（初次或背景較不清楚）的測試，一般約經過三年調整期，可得出較為可行之道。

5-3、談市場經濟

從參訪大陸北京瞭解相關自來水集團運作情形，可以知道自 1999 年 8 月 26 日，北京市自來水集團有限責任公司正式組成開始掛牌，啟動了機制和體制的徹底變革，由過去計劃經濟靠政府補貼，走向市場經濟自負盈虧轉變。對於供水建設、水質標準及整體服務水平皆顯現出大幅提昇。其水價將不同的成本納入考量，並且採不同業別不同使用者不同計價，基本上符合使用者付費及公平競爭原則。建議台灣地區水價已相當長的時間未合理調整，除了夏季差別費率外，可以參考北京案例，研採不同使用業別採不同計價，以合理反映成本，以持續推動建設及永續經營。

主辦國大陸水務相關建設雖然努力進行，但是，基礎建設仍需時間始能完備，目前水資源短缺和城鎮水污染加劇、水生態退化等問題仍然比較突出。

基此，中國大陸仍依據國民經濟和社會發展，規劃要求 2007 年底前基本完成對運行超過 50 年及老城區嚴重漏損的供水管網改造工作；希望到 2010 年，中國大路城市供水普及率不低於 95%；設市城市和縣城所在的建制鎮均應規劃建設污水集中處理設施，全國設市城市污水處理率不低於 70%，缺水城市再生水利用率達到 20% 以上；所有城市都要建立符合標準的生活垃圾處理設施，城市無害化處理率不低於 60%。中國水務市場需要一兆（約 4 兆台幣）以上的投資。唯有透過市場經濟及相關機制，以吸引外資投入，始能事半功倍。

政府於民國 89 年頒佈「促進民間參與公共建設法」（以下簡稱促參法），包括：自來水設施，以利有關民間機構參與公共建設。藉由民間投資興建公共建設來紓解政府財政負擔，並引進民間經營理念以改善公共服務品質，已成為國際趨勢。其主要方式說明如後：

1.由民間機構投資興建並為營運；營運期間屆滿後，移轉該建設之所有權予政府。(BOT, Build- Operate-Transfer)

2.由民間機構投資新建完成後，政府無償取得所有權，並委託該民間機構營運；營運期間屆滿後，營運權歸還政府。(無償 BTO, Build-Transfer-Operate)

3.由民間機構投資新建完成後，政府一次或分期給付建設經費以取得所有權，並委託該民間機構營運；營運期間屆滿後，營運權歸還政府。(有償 BTO, Build - Transfer - Operate)

4.由政府委託民間機構，或由民間機構向政府租賃現有設施，予以擴建、整建後並為營運；營運期間屆滿後，營運權歸還政府。(ROT, Rent-Operate-Transfer)

5.由政府投資新建完成後，委託民間機構營運；營運期間屆滿後，營運權歸還政府。(OT, Operate - Transfer)

6.為配合國家政策，由民間機構投資新建，擁有所有權，並自為營運或委託第三人營運。(BOO, Build-Own-Operate)

7.其他經主管機關核定之方式。

前項各款之營運期間，由各該主辦機關於核定之計畫及投資契約中訂定之。其屬公用事業者，不受民營公用事業監督條例第十九條之限制；其訂有租賃契約者，不受民法第四百四十九條、土地法第二十五條及國有財產法第二十八條之限制。

從相關國際間案例可以瞭解，面臨操作管理及營運問題時，常可藉由不同型態進行改善。台灣地區自來水業或因水價不能反映成本，或因財務經費籌措

因素，目前有幾個大型淨水場改善案例以 BOT、ROT 等方式辦理，對於短期資金壓力將較為舒緩，建議可進一步探討導入國外水務公司多年管理及技術經驗，以提昇經營成效。未來尚可考量在促參法之規定下，進一步以管理契約等不同方式引進具有專業技術與經驗之自來水設施管理經營民間業者，以有效提升自來水事業之各項成效。

參考文獻

- 1.Mr. Akira Nitta, “Japanese Experience of Earthquakes and Anti-Seismic Measures”, IWA World Water Congress and Exhibition (2006)。
- 2.Prof. Wenjun Liu Emergence, “Urban Water Supply Challenges and Prospective”, IWA World Water Congress and Exhibition (2006)。
- 3.Mr. Chin-Tse Cheng, “The Experience of Water Security in Taipei”, IWA World Water Congress and Exhibition (2006)。
- 4.Mr. James McDaniel, “Los Angeles Water System Seismic Program”, IWA World Water Congress and Exhibition (2006)。
- 5.Mr. Hiroaki Yoshida, “Anti-earthquake Measures by the Tokyo Waterworks Bureau”, IWA World Water Congress and Exhibition (2006)。
- 6.AWWA Research Foundation, Demonstration of Innovative Water Main Renewal Techniques, 1999.
- 7.AWWA Research Foundation, Distribution Infrastructure Management: Answers to common Questions, 2001.
- 8.AWWA Research Foundation, New Techniques for Precisely Locating Buried Infrastructure, 2001.
- 9.AWWA Research Foundation, Decision Support System for Distribution System Piping Renewal, 2002.
- 10.賴伯勳 (2005), 「石門水庫集水區之永續經營」, 經濟部水利署北區水資源局, 環境變遷中之水資源論壇。
- 11.金近忠彥 (2006), 「日本橫濱市自來水水源區的經營管理實務及成果」, 經濟部水利署, 自來水水源保護區共生管理論壇。
- 12.陳伸賢 (2005), 「新世紀水資源永續發展策略-談台灣水資源永續利用」, 經濟部水利署北區水資源局, 環境變遷中之水資源論壇。
- 13.鄭錦澤等人 (2005), 「淨水場設備及操作管理改善評估探討」, 臺北市政府。
- 14.鄭錦澤等人 (2003), 「臺北區供水系

- 暨管網健全改善之研究」，臺北市政府。
- 15.鄭錦澤等人(2002),「臺北地區供水系統合理調配暨危機管理之探討」,臺北市政府。
 - 16.「臺北區自來水第五期建設給水工程後續計畫」(2006),臺北自來水事業處。
 - 17.「供水管網改善及管理計畫」(2006),臺北自來水事業處。
 - 18.「板新供水改善計畫」(2001),經濟部水利署。
 - 19.鄭錦澤等人(2005),「青潭堰原水管涵漏水檢視檢修經驗探討」,中華民國自來水協會會刊,第24卷,第三期,第30-53頁。
 - 20.周乃昉等人,「北部地區水資源利用整體檢討規劃-北部地區水資源備用水源及管網之分析檢討」(2005),經濟部水利署。
 - 21.鄭錦澤,「臺北自來水調度及備載能力探討」,第十五屆水利工程研討會,(2006) 國立中央大學,經濟部水利署。

台灣地區地面水水源水質安全維護探討

摘要

自來水公司主要工作為供給民眾充足及安全之自來水，近年來由於氣候變遷導致降雨不均，河川水源上游水源涵養不良等因素，導致暴雨時地面水濁度增加，另長期旱季缺水嚴重，亦影響自來水供水是否充足，自來水公司已建立一套緊急應變程序因應，將暴雨或乾旱對民生供水影響降到最低程度。但因國際上恐怖活動的氣氛蔓延，以及日漸人性的不穩沉淪已對台灣地區提供重要公共給水之地面水源水質安全產生威脅。有鑑於此，如何透過地面水源水質平時之安全維護，有毒害物質相關資料庫之建立，並擬定水源水質安全問題時緊急應變方案，為目前當務之急。

一、國內現況

自來水為重要的維生必需品，水質安全為民眾所深切關心的，台灣自來水取水大部分來自於水庫、壩、堰、河川地面水水源，水源經淨水廠處理後，透過供水管網配送至用戶，地面水水源水質優良與否直接影響配水管供水之水質。

自來水公司主要工作為供給民眾充足及安全之自來水，近年來由於氣候變遷導致降雨不均，河川水源上游水源涵養不良等因素，導致暴雨時地面水濁度增加，另長期旱季缺水嚴重，亦影響自來水供水是否充足，台灣省自來水公司已建立一套緊急應變程序因應，將暴雨或乾旱對民生供水影響降到最低程度。惟國際上恐怖活動的氣氛蔓延，以及日漸人性的不穩沉淪已對台灣地區提供重要公共給水之河川地面水源水質安全產生威脅。如何提升河川地面水水源水質安全維護是提供民眾安全飲用水重大課題。

二、目前地面水水源水質安全維護

由於地面水水源之水質安全性關係自來水之水質甚鉅，除自來水公司依飲用水管理條例(民92年)第二章水源管理第五條「飲用水水源水質保護區或飲用水取水口一定距離內之地區，不得有污染水源水質之行爲」，自來水公司平常時，則採取相關措施如加強地面水水源巡查，並依飲用水水源標準項目定期對地面水源進行檢測工作，防範地面水源

受到污染。

三、目前重要議題及因應方法

如何加強地面水安全維護及相關緊急應變相關議題可包括:有毒害物質污染地面水源發生原因及類型?有毒害物質種類及其物理、化學、生物及毒性特性?如何以早期生物預警系統有效偵測污染?該採取緊急應變皆需要詳加深入探討。

因應方法可包括以下:

1.案例分析研究

如收集過去曾發生有毒害物質污染相關之案例,探討發生原因,毒害物質之物理、化學、毒害特性,數量,及各相關單位如何緊急應變、與後續追蹤等。分析結果,將與自來水公司現行平時之水質安全維護工作項目(檢測、管制、巡查)檢討分析,做為未來加強緊急應變之用。

2.有毒害物質偵測技術

雖然自來水公司依飲用水水源標準項目定期對地面水源進行檢測,其主要項目為大腸大腸桿菌群密度,氨氮,化學需氧量,總有機碳,及相關重金屬砷,鉛,鎘,鉻,汞,硒,地面水水源可能出現之有毒害物質檢測則較少。以生物分析方法(bioassay)其具非化學特定性、快速篩選,偵測敏感,價格便宜及

操作簡單等優點如水蚤(*Daphnia magna*)(ISO, 1998, OECD, 1984)及海洋發光菌(*Vibrio fischeri*)(Steinberg et al., 1995),監測水質是否有異常,並決定是否需要進一步化學分析。

3.加強巡查管制工作

自來水公司對水源安全極為重視,禁止各項污染水源水質之行爲,包括非法砍伐林木或開墾土地、工業區之開發或污染性工廠之設立等。並對水源水質進行檢驗工作,於供水單位取水後進入淨水場內之淨水處理設備前之足以代表該水源水質之適當地點採樣分析,惟由水庫集水區範圍大,巡查人力有限,難防有心人蓄意下毒,除加強巡查人力及頻率,並結合現行政府所推展之河川巡守隊或民間守望相助組織。除此之外,網路技術目前極為發達可用於監視水域是否有人闖入。可研究國內外遠距遙測監控設備,嚴防人為破壞水源

4.建立毒害物相關資料

如無機性(氰化物,重金屬--汞,鉛,砷,硒)、有機性(有機溶劑,有機磷或有機氯農藥),實驗室製劑等之物理化學及半衰期資料。以用)、放射性有毒害物質(鈾等),收集並建立相關資料如有毒害物質之物理、化學、毒性、生物可分解性、特性皆會影響其在地面水中流布,及可用於緊急應變應採取之因應措

施。

5.緊急應變方案

分析國內過去發生案例，並參考國內各單位如環保署(環保署，水污染應變處理手冊)、水利署或美國環保署反恐計畫 Response Protocol Toolbox: Planning for and Responding to Drinking Water Contamination Treats and Incidents (US EPA, 2003)中地面水源污染緊急應變計畫，研擬緊急應變方案，如威脅評估，緊急應變，場址特性及採樣，分析方法及復育技術之選擇，以因應未來發生地面水污染時，緊急應變之用。

四、結論

因國際上恐怖活動的氣氛蔓延，以及日漸人性的不穩沉淪已對台灣地區提供重要公共給水之地面水源水質安全產生威脅。透過各項工作如案例分析研究，有毒害物質偵測技術，加強巡查管制工作，建立毒害物相關資料，緊急應變方案之工作建立但，可提升台灣地區河川地面水源水質安全維護層次，強化地面飲用水水源水質安全

參考文獻

1.Steinberg S.M. Poziomek E.J. Engelman W.H. Rogers K.R., 1995. A review of environmental

applications of bioluminescence measurements Chemosphere, Volume 30, Issue 11, June 1995, Pages 2155-2197

2.ISO, 1998. International Standard, ISO11348-3, Water quality — Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test) —Part 3: Method using freeze-dried bacteria

3.OECD 202: *Daphnia* sp., Acute Immobilization Test. OECD Guideline for Testing Chemicals. Section 2: Effects on Biotic System. 1984

4.US EPA, Response Protocol Toolbox: Planning for and Responding to Drinking Water Contamination Treats and Incidents, interim Final, 2003, Module 1: Water Utilities Planning Guide.

5.US EPA, IRIS, Integrated Risk Information System (www.epa.gov/iris)

6.自來水法，中華民國 91 年 12 月 18 日。

7.行政院環境保護署，水污染應變處理手冊。

8.飲用水管理條例，中華民國 92 年 1 月 8 日。

國外使用淨水用藥劑之申請公告研究

胡伯瑜¹、楊琇瑩²、曾治乾³、周珊珊⁴

針對近年國內因天候影響，致使水源水質情況多變，自來水公司各淨水場大多使用飲用水水質處理藥劑處理水質，以使其符合飲用水規範。現行使用之淨水用藥係依據環保署公告之飲用水水質處理藥劑，使用層面涵蓋了混凝沉澱程序、消毒程序、氧化程序、管線抗腐蝕以及酸鹼中和等淨水程序。

近年來由於颱風、暴雨帶來的水源濁度遽增情況，對於各淨水廠的正常供水形成莫大壓力，現有的水質處理藥劑在處理超高濁度原水與特殊鹼度需求下，往往需要預先庫存足夠藥劑以為因應。然而由於國內的藥劑供應商並不具備向環保署申請水質處理藥劑公告的資格，自來水公司若需採用此類未經公告的水質處理藥劑仍須自行向環保署申請公告。

爰此，為減少在申請公告時之困擾，並使所需藥劑能順利通過審核公告，自來水公司乃擬定本委託研究，期望能透過本計畫替自來水公司建立飲用水水質處理藥劑的審核作業機制，藉此規範藥劑供應廠商之資格及列管所需相關資料，供自來水公司內部評估審核。

自來水公司除審核申請公告藥劑相關文件的完整性之外，亦能對各水質處理藥劑進行技術性、安全性及經濟性上之評估，使申請公告藥劑確能符合自來水公司之需要。

本計畫研究內容包括蒐集與探討國外（美、加、日、紐、澳及歐盟）使用或公告之淨水用藥劑，並於二年研究期中協助自來水公司完成向環保署提出10項，並於第一年中完成至少三項之本國未公告水質處理藥劑之公告申請；以及研訂相關藥劑之先行評估及審查機制。其中評估及審查機制建立除參酌現行中央主管機關審查流程之外，亦於建立國外資料庫過程中針對各國規範中之架構設計、審查邏輯與特殊事件因應辦法予以探討，務使研擬之審查機制充分適用自來水公司現況及未來發展方向。針對前項所蒐集之國外公告藥劑，將與我國相關法規比對，尚未公告者，依據其技術性、安全性及經濟性，研討排序自來水公司需求之藥劑，並依飲用水水質處理藥劑申請公告作業準則相關規定蒐集準備公告審查相關資料，協助水公司申請公告相關作業。

*工業技術研究院能源與環境研究所

本研究執行完成後期能使自來水公司淨水藥劑使用多元化、現代化及符合水質處理需求，並符合環保署規定。預計將完成下列各項成果：(1) 建立國外飲用水水質處理藥劑參考資料庫(2) 完成自來水公司需求之藥劑之公告審查相關資料之彙整(3) 協助自來水公司申請公告相關作業(4) 完成自來水公司內部

相關藥劑先行評估及審查機制之訂定(5) 完成至少 3 種未公告之水質處理藥劑公告申請。

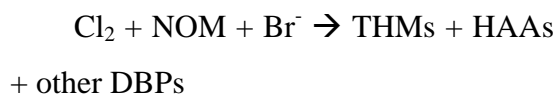
藉由本研究之完成，未來淨水藥劑使用將更加多元，並更加彰顯自來水公司於淨水工程上之技術、安全及經濟上之有利保障。

水公司各淨水場清水、配水鹵化乙酸含量背景資料 調查建立暨淨水處理技術與處理成本之評估分析

王根樹*

一、計畫背景

自 1974 年 Rook 首次發現飲用水中的消毒副產物後，各界學者逐漸重視消毒副產物的健康效應，因此，近三十年來，各種消毒副產物相關的研究與議題，持續性地受到廣泛討論。飲用水中消毒副產物之生成係導因於化學添加劑與水中天然有機物與溴離子之反應。本主題中多數之研究均著重於與氯（最常用之消毒劑）之反應，以及消毒副產物（以三鹵甲烷及含鹵乙酸最為常見）之生成。



含鹵乙酸是飲用水氯化第二常見之消毒副產物類別。在某些水中，含鹵乙酸之濃度甚至高於三鹵甲烷之濃度。含鹵乙酸之生成隨著水體 pH 之下降而增加，此種形式正好與三鹵甲烷相反。因此，使用鋁鹽或鐵鹽進行混凝所需之微酸性水質（pH 5.5 - 6.5）有利於含鹵乙酸之生成，而以 pH 7.5 - 8.5 之水質進行氯化則有利於三鹵甲烷之生成。一般相

信水中的腐植質（天然有機物中的疏水組成）是導致含鹵乙酸（及三鹵甲烷）生成之主因。因而實務上在沈澱及過濾後進行後加氯是降低含鹵乙酸（及三鹵甲烷）生成的有效方法，因為混凝過程可降低相當比例之腐植質。

共有九種含氯及/或溴之含鹵乙酸：

單鹵乙酸：一氯乙酸、一溴乙酸

二鹵乙酸：二氯乙酸、一氯一溴乙酸、二溴乙酸

三鹵乙酸：三氯乙酸、二氯一溴乙酸、一氯二溴乙酸、三溴乙酸

在多數水中，二氯乙酸及三氯乙酸是主要之成分。然而在含有較高溴離子濃度之水體中，例如在溴離子濃度大於 100µg/L 之水中，含溴物種可能是主要成分。在相似之情形下，含溴物種也是在含有較高溴離子濃度水體中三鹵甲烷之主要成分。此點非常重要，因為在消毒副產物之健康風險中，一般相信含溴物種所導致之健康風險高於只含氯之物種。

而含鹵乙酸部分由於為消毒副產物

*國立台灣大學公共衛生學院

中的主要含量物種之一，且分析方法仍存在許多困難，尚未獲得有效解決，所以一直以來較少受到專家學者的重視。不過目前已有許多研究指出部分含鹵乙酸可引起肝毒性、基因毒性、神經毒性、胚胎毒性、生殖危害等多種毒性，更可引起人類最為關心的致突變性或致癌性，甚至有某些研究指出，二氯乙酸較三鹵甲烷更具致癌性。並且，在美國環保署將含鹵乙酸中之二氯乙酸列為B2級可能人類致癌物，三氯乙酸列為C級可能人類致癌物後，近年來含鹵乙酸的相關議題，也逐漸引起各界學者的興趣，陸續地提出許多含鹵乙酸相關的研究。而在含鹵乙酸的管制部分，現今主要依據美國環保署於 1998 年所公告之消毒劑 - 消毒副產物法 (Disinfectant-Disinfection Byproduct Rule ; D-DBP Rule)，來管制飲用水中的含鹵乙酸，目前HAA₅ (MCAA、DCAA、TCAA、MBAA、DBAA) 在第一階段中最大容許濃度 (Maximum Contamination Level, MCL) 為 60 μ g/L，第二階段預計提高MCL為 30 μ g/L。灣地區現階段雖仍未針對含鹵乙酸制訂管制標準，不過環保署現已進行討論並計畫擬定中。

另外，在含鹵乙酸相關的分析部分，由於環境水體中含鹵乙酸個別物種

濃度極低，且絕大部分以解離之含鹵乙酸鹽離子形式存在，又無法直接注入儀器分析，而需要經過一連串繁複的萃取及衍生之前處理步驟等，種種問題使得含鹵乙酸的分析存在許多困難，現階段尚無最佳化的解決辦法。而目前各研究機構大多根據美國環保署公告之 USEPA Method 552.2 或 552.3 之標準分析方法，環檢所亦公告水樣中的含鹵乙酸分析方法 (NIEA W533.51B)，然而現有方法在針對含溴三鹵乙酸物種的分析上，仍存有衍生效果不全，物種本身對熱之不穩定性，容易於高溫裂解，且前處理步驟耗時等問題。

再者，也因為含鹵乙酸之分析仍面臨許多問題，加以台灣地區尚未訂定該類物種之法規管制標準，因此，台灣地區較為缺乏大規模之飲用水中含鹵乙酸濃度的散佈資料，所以，本研究將以 USEPA 552.3 標準方法為基準，調查台灣地區飲用水中含鹵乙酸之濃度散佈現況。

二、研究目的

鑑於環保署 92 年度委託研究計劃「飲用水水質標準中生物性及適飲性標準管制項目及標準之評估」研究報告中建議頒布HAA₅飲用水水質標準，並訂定執行期程，台灣省自來水公司為因

應此等趨勢乃擬訂本計畫，期能符合未來飲用水水質標準中對於HAA₅飲用水水質標準之規定，建立水公司主要淨水場清水及其具代表性之配水之背景資料，並針對可能不符標準時所須淨水處理技術與處理成本進行評估分析探討，完成研究後研究報告能提供相關單位參考。

(一)計畫目標如下：

- 1.回顧國外資料有關HAA₅淨水處理技術與處理成本資料收集、彙整及分析。並針對水公司清、配水較接近或超過HAA₅上限之淨水場提出最適化淨水處理技術與處理成本進行探討研析。
- 2.進行含鹵乙酸分析之前處理步驟中，萃取、衍生溫度、衍生時間、濃縮等各步驟條件測試，建立以USEPA 552.3 為基準之標準分析方法。同時針對NIEA W533.51B 進行分析條件測試。
- 3.調查台灣各地區飲用水中含鹵乙酸之濃度數據，並比較其分佈及季節

變化。完成水公司至少 80 淨水場清水及其具代表性的配水之HAA₅ 檢測分析，每場所進行清水及代表性的配水檢驗各二次（間隔約半年乙次，最好在豐枯水期各乙次），建立水公司主要淨水場清水及其具代表性之配水之背景資料。為瞭解HAA在淨水處理流程中之生成特性，另選取 5 個代表性淨水廠進行全流程HAA濃度分析，並針對該 5 個淨水廠之原水及清水進行THMFP及HAAFP試驗，以瞭解淨水流程對DBP前質之去除效率以供未來擬定改善計畫之參考參考。

- 4.受委託單位於檢測分析HAA₅時，舉辦乙次(或以上)檢測分析HAA₅觀摩講習會提供本公司各單位檢驗人員研習與經驗交流。
- 5.檢測 HAA_s 之同時並分析主要淨水場 THM_s 之濃度分佈，根據研究所調查之 HAA_s 散佈資料，分析 HAA_s 與水中總有機碳及三鹵甲烷之間的關係。