ISSN 1025-7683

中華民國自來水協會會刊

自來水

第18卷 第4期 ㉗2 中華民國八十八年十一月

WATER SUPPLY QUARTERLY

Volume 18 NO.4 November 1999
Water Works Association of the Republic of China(Taiwan)

9 771025 768008

自來水會刊第十八卷第四期㉗目錄

實務研究： 捷運車站生飲台啓用之意義 ……蔡輝昇、李泰雄…5

實驗室品質管理之指引——ISO/IEC Guide 25 ……周金柱……11

Bio NET®生物程序處理自來水原水之研究……鄒文源等五人……24

現場固化管應用於自來水壓力管之更新 ……籃炳樟等三人……36

一般論述： 自來水安全飲用之探討 ……朱健行……46

法規櫥窗： 飲用水之管理與法規內涵 ……李澤民……52

每期專題： 淨水場綜合性效能評估（CPE）之方法與範例探討 ……蔣本基、張怡怡…69

石門淨水場消毒劑接觸實驗執行結果探討 ……張嬉麗、葉景洲…88

淨水場去除濁度功能自我評鑑之個案研究 ……李丁來等六人……105

研究快訊： 澄清湖高級淨水處理模型廠試驗研究（第一年）期末報

告摘要 ……葉宣顯等三人……121

學術活動： 第廿二屆國際水協年會專題報告「依與顧客有效溝通、

提昇服務品質策略」 ……蕭宏民……124

「薄膜在飲用水及工業用水之產製」研究會徵稿通知 ……130

國內、外近期與自來水有關之研討會訊息 ……132

自來水會刊雜誌稿約

一、本刊爲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爲宜，特約文稿及專門論著不在此限。

四、本刊原則上不刊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」應爲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」爲對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」爲一般性之研究心得。「業務報導」爲國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」爲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」爲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」爲國內、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爲佳，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，文獻之書寫順序爲：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、惠稿請註明眞實姓名、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、稿費標準爲專門論著、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」爲800元／千字，其餘爲500元／千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿爲新製者500元／版面、如原稿爲影印複製者，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，或傳眞(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㊿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：林學正　　傳　　眞：(02)25042350

會　　址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓　　電　　話：(02)25073832

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員：陳榮藏　　副主任委員：劉廷政

委　　員：劉家堯　陳梓濱　張順興　李泰雄　史午康　葉宣顯　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　　編　　輯：林孟臻　李丁來

總 編 輯：劉廷政　　校　　對：古貞苓

電　　話：(04)2244191轉222

出版地址：臺中市雙十路二段二號之一　　印　　刷：威文彩色印刷公司

行政院新聞局出版事業登寄證局版台誌字第2995號　　地　　址：台中市工業區23路2-1號

中華郵政北台字第0473號執照登記爲雜誌交寄　　電　　話：(04)3586977

捷運車站生飲台啓用之意義

蔡輝昇[1] 李泰雄[2]

馬英九市長在選舉期間曾發表市政白皮書，其中對於自來水作政策宣示，即「如何讓市民喝到安全、衛生，且健康的飲用水，爲台北市跨進二十一世紀的重要議題之一」。台北自來水事業處歷年來對於全市數百個重點用水取樣點採樣化驗之結果顯示，所供應的自來水水質均符合台北市自來水水質標準，亦達到世界衛生組織之標準，民眾直接飲用並無問題。然而國內多年來根深蒂固地存有自來水需煮沸方可飲用的觀念，並疏於維護自家的用水設備，水池水塔長年未清洗，造成過去所推動自來水生飲效果不彰。

每年來台北觀光、開會、洽公的外國人士不計其數，可是他們普遍都留有一個疑問，爲何一個號稱國際級的大都市，所提供的自來水不能生飲，在即將邁入公元二〇〇〇年之際，台北自來水事業處決心扭轉國際人士對本市水質的負面印象，並決定先從已營運通車的三十九個捷運車站開始，然後由點而面逐步擴大至各級學校，公共場所及觀光飯店，新建社區及國宅等，俟民眾逐漸習慣接受後，再進一步推廣生飲至所有一般住戶。

一、擴大推動自來水生飲計畫第一階段提前完成

台北自來水事業處選定已通車營運之三十九個捷運車站，於六月底前達成自來水生飲目標，在台北捷運公司與自來水處全力合作下，提前於六月上旬完成，其中三十九個車站總共四十五座飲水台工程，包括在三十三個捷運車站入口處各裝設一座飲水台，另六個較大捷運車站裝設兩座飲水台。且經過續連取樣測試結果，顯示上開四十五座飲水台之水質完全符合水質標準。爲著向廣大民眾宣導台北市擁有合乎台北市自來水水質標準之優質飲用水，乃斥資170萬元經費於台北車站地下一樓飲水台上方裝設全國第一座水質資訊站，附有四十二吋螢幕監視器一台，告知民眾飲水台之即時水質監測資料，並宣導正確用水常識。

啓用典禮於六月十七日上午十一時假

1 台北自來水事業處處長
2 台北自來水事業處主任秘書

台北車站地下一樓隆重舉行，由馬英九市長親臨主持，並邀請台灣省政府趙主席守博等相關首長一起剪彩啓用，這實有特殊意義，因爲台北自來水事業處供水區域，除台北市外還涵蓋台北縣中和、永和、三重及新店四市，平時並全力支援台灣省自來水公司供水需求。且在已營運通車的三十九個捷運車站中有三個車站即屬台灣省自來水公司供水範圍，包括淡水、紅樹林、竹圍車站。此次橫跨台北縣市分屬省市不同供水轄區之捷運車站可以同步啓用，象徵省市和諧，共存共榮景象，同時也樹立了市縣合作的成功典範。

另一方面台北捷運公司爲配合生飲計畫，重新裝設不銹鋼水管，總花費約在新台幣三〇〇萬元，而生飲台則由賀眾公司全數捐贈，爲了提供旅客安全的飲水服務，捷運公司將定期清洗生飲台及滯留水放水，自來水事業處每月會定期派員檢測水質，以確保飲水品質。這是新市府團隊積極負責精神之發揮與肯定。

二、捷運生飲台展現的積極作為

（一）捷運生飲台之自來水與一般住家之自來水並無二致，經自來水處與捷運公司通力合作，確保管線中之自來水爲「活水」，自來水中皆保有適當之餘氯量，顯示消毒完全，細菌、大腸菌皆合格，而符合飲用水水質標準。

（二）爲確保飲水安全，捷運生飲台皆經自來水處持續採樣檢驗，除捷運公司平日將配合飲水台之清潔維護，及自來水餘氯測試外，今後自來水處將飲水台列爲採樣點，定期採樣檢驗公佈數據，此外且擇大站設水質資訊站，把生飲台之水質由電腦監測資訊，「即時」公佈以昭公信力，水質資訊站，更提供用水常識宣導，讓市民瞭解，只要定期清洗水池水塔，妥善維護自家用水設備，自來水即可安全飲用。

（三）自來水之良窳乃國家，社會文明之指標，台北市之自來水得天獨厚，不僅水源良好，水量無虞匱乏，生產之過程監控嚴謹，自來水符合飲用水水質標準，若市民經親自體驗捷運站自來水確可生飲，習慣成自然後，當能有效破除國人根深蒂固「生水不能喝」的觀念，進而與自來水處共同追求高品質的自來水。因此捷運生飲，無非是自來水處公開宣示，從此透明水質，並邀請全民共同監督，力求供應最佳品質之自來水，爲台北市邁向國際現代化大都會盡一份心力。

三、環境品質文教基金會檢驗風波

環境品質文教基金會秘書長劉銘龍，於七月十一日下午假台大校友會館舉行記者會，公佈該基金委託經環保署認可的代檢驗業者「台技水質環保科技檢驗公司」，七月五日在已通車的三十九個捷運站，四十四座生飲台進行全面水質檢驗的結果；大腸桿菌群（Coliform Group）檢測結果各站皆合格。總菌落數（生菌數）（TotaI Bacterial Count）檢測結果，在全部44座生飲台中，居然有16座超過國內飲用水水質標準（100CFU/毫升），不合格率高達三成六，其中中和線的「永安市場站」，其總菌落數甚至多到難以計數的程度。

依照「環品會」書面資料，認爲總菌落數代長的是飲用水的消毒去菌指標，若其量過高，則代表可能的致病菌出現機率會相對提高。特別是幼童、老人或孕婦等抵抗力較差者，更容易因食人大量的致病菌，而引起感染性腹瀉，發燒甚至急性腸胃炎等危害健康的病症。「環品會」進一步提出下列之要求：

（一）立刻在各捷運站的生飲台前懸掛「暫停使用，的警告標示，全面暫捷運站生飲計畫。

（二）省市自來水事業應立即清理與檢驗所有生飲相關設備與管線。

（三）完成維修工作後，應由兩家以上環保署認可的檢驗公司，在環保團體的監証下，再次進行水質複檢，待水質確實合乎國內飲用水標準後，才能開放供大眾飲用。日後環保局也應依法定時抽驗，並定期將檢驗結果公諸於世。

（四）省及台北自來水事業處長與台北捷運公司總經理，應爲此事向全體市民公開道歉，並追究相關人員疏失責任。

（五）未來自來水事業處在開放各級學校、機關、飯店及公共場所的生飲設施前，環保單位務必要先做好水質檢測工作，以免同樣的問題再度發生。

實際上捷運車站的生飲台，經過六月十四、十五日、六月二十八、二十九、三十日、七月一日、七月十二日、七月十五日，由三個環保署認可之官方檢測機構；台北市環保局、台北縣環保局及台北自來水事業處，在不同地點不同時間進行抽樣檢測，所有的檢測報告顯示合格，代表捷運站生飲台之之水質並無問題，民眾可以安心飲用。自來水水質檢測項目包括水的濁度、酸鹼值、餘氯量，總固體量、氨氣，大腸桿菌群、總菌落數、濁度共八項，抽樣檢驗程序應依照行政院環保署訂

定的「飲用水質採採樣方法—自來水系採樣」標準作業流程，並由被檢測者簽字認可。「環品會」此次檢驗事實證明取樣程序過於匆促，草率且未知會被檢測單位到場，根本不符合規定，卻逕行公布不實的檢驗數據，引起社會大眾疑慮與恐慌，這

環境品質文教基金會捷運站飲水台水質採樣時間表

捷運車站名稱	採樣時間	車程採樣所耗時間
科技大樓站	7月5日09時30分	（木柵線）
六張犁站	7月5日09時52分	11分鐘
麟光站	7月5日10時15分	23分鐘
萬芳醫院站	7月5日10時46分	31分鐘
萬芳社區站	7月5日11時00分	14分鐘
木柵站	7月5日11時13分	13分鐘
動物園站	7月5日11時27分	14分鐘
芝山站	7月5日10時16分	（淡水線）
明德站	7月5日10時32分	16分鐘
石牌站	7月5日10時49分	17分鐘
唭哩岸站	7月5日11時06分	17分鐘
奇岩站	7月5日11時23分	17分鐘
北投站	7月5日11時41分	18分鐘
古亭站	7月5日18時40分	（中和線）
頂溪站	7月5日18時55分	15分鐘
永安市場站	7月5日19時15分	20分鐘
景安站	7月5日19時31分	16分鐘
南勢角站	7月5日19時50分	19分鐘

資料來源：台技水質環保科技檢驗室水質樣品檢驗報告

是相當不負責任的態度。

依照環定保署訂定的「飲用水水質採樣方法一自來水系統採樣」標準作業流程，微生物檢測時，採樣人員在採樣前先消毒雙手，緊接者，於出水口先以火烤，再以無菌袋採擷水樣，同時不得講話，最後貼上封條，放入0～5℃冰箱保存運回檢驗，總菌落數需經四十八小時培養，才算完成一項完整且嚴謹的水質檢驗。

由於空氣中，自然環境中處處有細菌，因而依食品衛生標準；鮮乳細菌量小於5萬/cc，果汁及碳酸飲料小於I0萬/cc即屬合格，而我國飲用水水質標準對總菌落數標準規定小於IOOCFU/m1 ，比先進國家還嚴苛，有些國家標準限值高於國內五倍，甚至有未加以規範者，乃考量採樣過程容易遭受污染，及生菌數並非致病因子。因此環保署爲著執行上述高標準之水質政策，才制定嚴謹飲用水水質採樣標準作業流程以爲配套，所以「環品會」所稱「自然採樣」完全背道而馳，爲自己粗糙檢驗結果找下台階。簡單地說「環品會」一再要求以自然採樣法，卻要套用國標準採樣法的檢驗標準加以比對，這種作法根本是不合理，且無法認同。

「環品會」再於九月一日公佈捷運車站生飲台之水質檢驗報告，四十三座生飲台只有木柵線麟光站的水質總菌落數不合格，其餘都合格，民眾可安心生飲，也公開讚許捷運生飲水質大幅改善，爲爭議事件作一落幕。

四、堅持的目標，勇往直前

民間團體非常關心自來水水質，對於此點，基本上應予肯定，且樂觀其成，但是我們必須強調自來水水質檢驗是一項非常專業的工作，檢驗程序一定要符合行政院環保護署所公告之檢驗標準與方法，才能令人信服，凡是不符合此一標準和方法所檢驗出來的結果，極可能誤導民眾，我們不會接受測試結果，也深覺應該停止相關檢驗行爲，台北自來水處所以要追求自來水生飲目標，是爲了讓台北市眞正達到世界級城市的標準，我們的立場是「願意提供一個安全的自來水生飲條件及環境」，但請民眾自行決定是否願意生飲，我們不會強迫。

提供自來水可生飲，係自來水事業處責無旁貸的工作，也是優良水質的具體表現。這是現代化都市應具備良好生活品質要件之一。目前先從捷運車站開始普設生飲台，後續將推廣至市政大樓、市議會、各營業分處、公園及各級學校等公共場所，自來水處再三強調，自來水可生飲並非要強迫民眾去改變多年的用水習慣，而是提供另一項選擇、尊重民眾自己的意願，因此，自來水處未來仍須自我要求，且提昇品質，持續大力推動自來水生飲計畫。

台北市政府環境保護局
飲用水水質檢驗結果報告表

受樣日期：88/6/29　　報告日期：88年7月2日
採樣單位：衛生稽查大隊　　報告單號碼：DF880629

採樣品編號	採樣日期	氫離子濃度指數(pH值)	自由有效餘氯毫克/公升	大腸桿菌群(CFU/10)	總菌落數CFU/毫升	濁度NTU	色度鉑鈷單位	硝酸鹽氮(以氮計)毫克/公升	亞硝鹽氮(以氮計)毫克/公升	氨氮(以氮計)毫克/公升
R12台大醫院站	88/06/29	7.1	0.40	＜1	32	0.10	1	0.3279	ND＜0.0012	0.07
R13台北車站	88/06/29	7.0	0.43	＜1	＜1	0.45	3	0.3273	ND＜0.0012	0.08
R14中山站	88/06/29	7.1	0.47	＜1	＜1	0.45	1	0.3418	ND＜0.0012	0.08
R15雙連站	88/06/29	7.0	0.43	＜1	53	0.10	1	0.3234	ND＜0.0012	0.10
R16民權西路站	88/06/29	7.0	0.45	＜1	＜1	0.15	2	0.3242	ND＜0.0012	0.09
R17圓山站	88/06/29	6.9	0.48	＜1	＜1	0.10	1	0.3248	ND＜0.0012	0.10
R18.1劍潭站	88/06/29	6.9	0.45	＜1	＜1	0.15	1	0.3246	ND＜0.0012	0.10
R18.2劍潭站	88/06/29	7.1	0.46	＜1	12	0.15	1	0.3225	ND＜0.0012	0.10
R19.1士林站	88/06/29	7.1	0.40	＜1	5	0.20	2	0.3242	ND＜0.0012	0.40
R19.2士林站	88/06/29	7.1	0.43	＜1	3	0.15	2	0.3248	ND＜0.0012	0.10
R20芝岩站	88/06/29	7.1	0.38	＜1	＜1	0.4	3	0.3259	ND＜0.0012	0.10
G10古亭站	88/07/01	6.9	0.4	＜1	＜1	0.3	1	0.4170	ND＜0.0012	0.05
BR13動物園站	88/07/01	7.0	0.5	＜1	＜1	0.1	1	0.3457	ND＜0.0012	ND＜0.02
BR12木柵站	88/07/01	6.9	0.48	＜1	＜1	0.15	1	0.3740	ND＜0.0012	0.02
BR11萬芳社區站	88/07/01	6.9	0.44	＜1	＜1	0.15	2	0.3547	ND＜0.0012	ND＜0.02
BR10萬芳醫院站	88/07/01	6.9	0.44	＜1	4	0.15	2	0.3561	ND＜0.0012	0.02
BR9辛亥站	88/07/01	6.9	0.4	＜1	＜1	0.10	2	0.3680	ND＜0.0012	0.03
BR8麟光站	88/07/01	6.8	0.3	＜1	16	0.25	2	0.3525	ND＜0.0012	ND＜0.02
BR2中山國中站	88/07/01	6.9	0.42	＜1	＜1	0.45	2	0.3623	ND＜0.0012	ND＜0.02
G11-1中正紀念堂站	88/06/28	7.1	0.4	＜1	＜1	0.15	1	0.2880	ND＜0.0012	0.08
G11-2中正紀念堂站	88/06/28	7.1	0.34	＜1	＜1	0.15	1	0.2819	ND＜0.0012	0.10
BR7六張犁站	88/06/28	7.0	0.4	＜1	3	0.15	1	0.2883	ND＜0.0012	0.10
BR6科技大樓站	88/06/28	7.0	0.5	＜1	3	0.15	1	0.2786	ND＜0.0012	0.10
BR5大安站	88/06/28	7.1	0.5	＜1	＜1	0.15	1	0.2837	ND＜0.0012	0.09
BR4忠孝復興站	88/06/28	7.0	0.3	＜1	＜1	0.50	2	0.3805	ND＜0.0012	0.10
BR3南京東路站	88/06/28	7.0	0.55	＜1	＜1	0.20	1	0.2936	ND＜0.0012	0.01
R22明德站	88/06/30	7.24	0.5	＜1	＜1	0.50	2	0.3163	ND＜0.0012	0.05
R23石牌站	88/06/30	7.13	0.49	＜1	＜1	0.15	2	0.3184	ND＜0.0012	0.02
R24唭哩岸站	88/06/30	7.16	0.35	＜1	＜1	0.15	1	0.3082	ND＜0.0012	0.07
R25奇岩站	88/06/30	7.26	0.49	＜1	＜1	0.15	1	0.3192	ND＜0.0012	0.04
R26北投站	88/06/30	7.1	0.47	＜1	＜1	0.25	2	0.3185	ND＜0.0012	0.08
R27新北投站	88/06/30	7.13	0.36	＜1	＜1	0.15	2	0.3358	ND＜0.0012	0.05
R28復興崗站	88/06/30	7.19	0.59	＜1	＜1	0.10	2	0.3233	ND＜0.0012	0.02
R29忠義站	88/06/30	7.13	0.5	＜1	＜1	0.1	1	0.3278	ND＜0.0012	0.03
R30關渡站	88/06/30	7.5	0.37	＜1	＜1	0.30	3	0.3306	ND＜0.0012	0.03

實驗室品質管理之指引——ISO/IEC Guide 25

周金柱*

一、前言

實驗室產生之數據，必須具有準確性、可比較性，才能夠被使用者所相信，並且和其他的實驗室進行比較。對一個實驗室而言，必須在可控制性、和諧性與安全的環境條件下進行運作，才能達到這一個目的，因此許多國際的或國家的管理管制法規和標準，經過許多成員和代表一連串長時間的草擬、討論與議定過程，然後公布實施，以作爲國際的或國家的實驗室運作之共同依據。ISO/IEC Guide 25 即是國際標準化組織（ISO）及國際電工組織（IEC）發行於世的標準，用以當作世界各國國際間或國內各校正實驗室與測試實驗室能力之一般要求。

二、ISO/IEC Guide 25 之內容

（一）研訂沿革

ISO/IEC Guide 25 內容是對於實驗室品質管理與技術能力的基本要求，實驗室認證時亦以之爲依據標準。1978年國際標準化組織發行ISO/IEC Guide 25 第一版，1982年修訂發行第二版，1990年再修訂發行第三版，我國則曾依1982年之第二版制訂中國國家標準（CNSI2608試驗室技術能力一般準則）。爲因應1988年10月17日至21日在紐西蘭奧克蘭市舉辦之國際實驗室認證大會（ILAC）之建議，ISO/IEC Guide 25 第三版由ISO之符合評鑑委員會（CASCO）起草。並於1990年I0月獲得IEC委員會審查適過，1990年12月ISO委員會亦審查認可。在歐洲將ISO/IEC Guide 25 制訂爲EN4500I，在加拿大將ISO/IEC Guide 25 制訂爲CAN-P-4C。本文介紹之內容主要依據係1990年修訂發行之第三版條文。

（二）內容架構

ISO/IEC Guide 25 全文名稱爲校正與測試實驗室能力一般要求，適用於校正實驗室與測試實驗室，除前言及簡介外，條文內容可分爲十六章，各章名稱如表一。

*行政院環境保護署環境檢驗所科長

表一 ISO/IEC Guide 25各章章名一覽表

章次	章名
第一章	圍範
第二章	參考資料
第三章	名詞定義
第四章	組織與管理
第五章	品質系統、稽核與檢討
第六章	人員
第七章	設施與環境
第八章	設備與參考物質
第九章	量測追溯及校正
第十章	校正與測試方法
第十一章	校正件與測試件處理
第十二章	紀錄
第十三章	證書及報告
第十四章	校正或測試之外包
第十五章	外界之支援服務與供應
第十六章	抱怨處理

以上各章之內容，參考中華民國實驗室認證體系出版之ISO/IEC Guide 25 第三版「校正及測試實驗室能力一般要求，(中譯本)，重要內容摘述如下：

1.圍範

本章主要說明該指引係提供校正及測試實驗室發展和執行其品質系統支用，以及可以提供認證機構、發證機構及其他與實驗室檢測能力有關的單位使用。實驗室必須證實其運作遵循該指引之一般要求，實驗室才可以被認爲具有足以執行特定的校正或測試之能力。另外亦說明該指引附加的要求及說明，可以由認證或權責機構依實驗室作業性質據以詳細明訂特定之認定標準，並將此認定標準公布。

2.參考資料

本章係說明校正與測試實驗室能力一般要求可以參考的其他資料，包括ISO 8402（品質——詞彙）、IS0 9000（品質管理與品質保證標準——選擇與使用指南）、IS0 9001（品質系統——設計／開發、生產、安裝及服務之品質保證模式）、IS0 9002（品質系統——生產與安裝之品質保證模式）、IS0 9003（品質系統—

—最終檢查與試驗之品質保證模式）、IS0 9004（品質管理與品質系統要項——指導綱要）、ISO/IEC Guide2（標準化及相關活動的一般名詞及定義）、國際度量衡基本詞彙及一般名詞（VIM）等參考資料。

3.名詞定義

本章爲名詞定義，包括實驗室、測試實驗室、校正實驗室、校正、測試、校正方法、測試方法、查驗、品質系統、品質手冊、參考標準、參考物質、公認參考物質（CRM）、追溯性、能力試驗、要求等之定義。其中實驗室是指從事校正及（或）測試的機構，若實驗室是組織的一部份，而該組織除了從事校正、測試外，亦從事其他業務活動時，則在此所謂的「實驗室」僅指與校正和測試有關的部門而言。

4.組織與管理

實驗室必須具有法律上的地位，而且應該符合各項要求，諸如工作人員工作時應免於受到任何商務、財務及其他壓力而影響其品質；凡從事會影響校正及測試品質之管理、執行或驗證工作的所有人員，其權責及相互關係，應以明文詳加規定；具熟悉校正或測試方法及程序之督導人員；設一技術主管（任何職銜皆可），對實驗技術作業全責；設一品質主管（任何職銜皆可），對實驗室品質系統及品質運作負全責。品質主管有直接溝通管道至決定實驗室政策或資源的最高管理階層及技術主管。品質主管方可以由技術主管或技術副主管來擔任；實驗室必要時，需有書面的政策及程序，以保護委託者的機密性資料及所有權；實驗室適時參加實驗室間之相互比對及能力試驗計畫。

5.品質系統

實驗室應建立並維持一套品質系統，以配合其所執行之校正及測試作業的型式、範圍及能量。此系統之要項應予以書面化。實驗室應以書面明定其政策、目標並說明其執行校正或測試服務的優良實驗室作業規範與品質。實驗室管理階層應確保這些政策、目標均書寫於品質手冊內，且應與實驗室人員溝通，使其瞭解並確實執行；品質主管有責任使品質手冊維持在最新狀況。

品質手冊及相關的品質文件亦應包含下列要項：

（a）最高管理階層之品質政策聲明，包括目標及承諾；

（b）實驗室組織和管理架構，其在機構中的隸屬關係及相關組織圖；

（c）管理、技術作業、支援服務與品質系統之問的關係；

（d）文件管制及維持的程序；
（e）主要人員與其他相關人員之職務說明；確定實驗室認可簽署人；
（g）達成量測追溯的實驗室作業程序；
（h）實驗室校正及（或）測試的範圍；
（I）確保實驗室能檢討對所有新工作的安排，以保證在開始該項工作前，已擁有適當的設施和資源；提及使用的校正、查驗及（或）測試程序；
（k）校正件和測試件的處理程序；
（l）提及所使用的主要設備及參考量測標準件；
（m）提及儀器設備的校正的查驗與維護保養之程序；
（n）提及查驗的實際作法，包括實驗室間比對、能力試驗計畫、參考物質的使用和內部品管方案；
（o）當發現測試差異或偏離書面政策及程序時，所遵循之回饋矯正處理程序；
（P）實驗室管理上對偏離書面政策及程序或標準規範之非常允許措施；
（q）客戶抱怨處理程序；
（r）保護所有權及保密的程序；
（s）稽核與檢討的程序。

實驗室於適當週期內，應對其作業安排稽核，以證實其作業能持續的符合本品質系統的要求。而稽核應由受過訓練並具資格，且儘可能與被稽核業務無關的人員爲之。於稽核中對校正或測試結果之正確性、有效性質疑時，實驗室應即採取矯正行動，且以書面立即通知可能已受影響之客戶。

爲符合本指引要求之品質系統，應由管理階層至少每年檢討一次，以確保其持續的適合性與有效性，並且導入任何必須的變更或改進。對稽核和檢討所發現事項及其改正措施應予記錄之；品質負責人應確保這些改正措施在預定進度內執行完成。除了週期性稽核外，實驗室應實施作業檢查，以確保提供給客戶的成果之品質。而這些檢查應予檢討，依其適用性，應包含（但不拘限於）下列項目：
（a）內部品管方案儘可能使用統計技術；
（b）參與能力試驗或與其他實驗室間之比對；
（C）定期使用公認參考物質及（或）內部品管所用之次級參考物質；
（d）使用相同或不同方法以實施重複測試；
（e）保留試件的再測試；
（f）同樣品其不同特性的測試結果間相互關係。

6.人員

測試實驗室應有足夠的人員，對共擔任的工作具備必須的教育、訓練、技術知識和經驗。測試實驗室應確保其人員訓練符合現況需求。實驗室應保存其技術人員

相關之資歷、訓練、技能．和經撿的記錄。

7.設施與環境

實驗室的設施、校正與測試作業區域、能源動力、照明、熱源及通風設備等均應適當配置，使校正或測試作業得以適當執行。執行作業的環境不應使作業的結果失效，或影響量測需求的準確度。當作業係在其他非固定實驗室進行時，尤需特別注意。實驗室應裝置設備以有效監視、管制及記錄適宜的環境條件。會影響所執行校正或測試的環境因素，必須予以注意，如生物滅菌、灰塵、電磁干擾、度、電壓、溫度、聲音及振動等。實驗室應採取適當措施，確保實驗室內務管理完善。實驗室有責任遵守相關的安全衛生準則，但這些不屬於本指引的範圍。

8.設備與參考物質

實驗室應提供使校正與測試能正確執行的完整設備（包括參考物質）。所有設備應予適當的維護。維護程序應予書面化。任何設備若有超負荷使用、不當使用、顯示可疑結果、經查驗或其他方法顯示有缺點時，應即停止使用，並加明顯標示。 每一項設備，包括參考物質，應視狀況以標籤、記號或其他識別方式顯示其校正狀況。凡對實施校正或測試有重大影響的所有設備及參考物質，其記錄應予保存。這些記錄應包括：

（a）設備名稱；

（b）製造廠商名稱、型別及序號或其他的獨特識別記號；

（C）接收日期及安裝使用日期；

（d）視情況，註明日前安裝位置；

（e）接收時的狀況（如全新的、使用過的，改裝過的）；

（f）可能的話，保存製造廠商說明書的複本；

（g）校正及（或）查驗日期與結果，以及下次校正及（或）查驗日期；

（h）維護保養的詳細執行記錄及其未來實施計畫；

（i）任何損壞、功能失效、改裝或修理的記錄。

9.量測追溯及校正

凡對校正或測試之正確性、有效性具影響之量測和測試設備，應先行校正或查驗後再行使用。實驗室應對其量測及測試設備制定校正或查驗計畫。所有設備之校正或查驗計畫，應予設計和執行，以確定實驗室執行量測時，皆可追溯至國家量測標準。校正報告應適切指出其追溯至國家量測標準。同時，應提供量測結果．連同其量測不確定度，及（或）符合某種度量衡規格之說明。當無法追溯至國家量測標

準時，實驗室應提供足夠的證明，以顯示其量測結果之正確性。例如參加實驗室間比對，或適當之能力試驗計畫。

實驗室所持有的量測參考標準件，只能用作校正，除非能顯示其性能仍能適用爲參考標準，否則不得移作它用。量測參考標準件應由可追溯至國家量測標準的機構校正，且應制定參考標準之校正和查驗計畫。相關之參考標準件、量測和測試設備，應於每次校正和查驗之間，由實驗室於使用期間查核其性能。參考物質應儘可能的追溯至國家或國際量測標準，或追溯至國家或國際標準參考物質。

10.校正與測試方法

實驗室應具備所有相關設備之使用與操作說明書、校正或測試項目之處理與準備說明書，以免對校正或測試有不良影響。所有與實驗室工作相關的說明書、標準、手冊及參考資料應隨時更新，以供作業人員易於取用。實驗室應負責使用適當方法和程序，以從事所有校正和測試之相關活動，並需與校正或測試所要求的準確度和標準規格一致。當方法未指定時，實驗室應盡可能的選擇國際或國家標準所發佈之方法，或由著名的技術組織或相關的科學文獻及期刊所發表之方法。

當使用電腦或自動設備作爲擷取、運算、處理、記錄、報告、儲存或校正、測試資料之取用時，實驗室應確保下列事項：

（a）符合本指引要求；

（b）電腦軟體應予文件化且適於使用；

（C）制定操作的程序，以確保資料的正確及完整，操作程序至少應包含資料的輸入、擷取、資料儲存、資料傳遞和資料處理等程序；

（d）電腦和自動化設備須加維護，以確保其功能，並提供合適的作業環境，以確保校正和測試資料的完整正確；

（e）應建立並執行適當程序以維護資料的安全，以防止未經授權者侵入及修改電腦記錄。

11.校正件與測試件處理

實驗室應有一書面系統，以專門識別各校正件或測試件，以確保這些試件隨時可予分辨而不混淆。於接收時，校正件或測試件的狀況，包括任何異常或偏離如前述有關校正、測試方法的標準條件，均應予以記錄。當對校正件或測試件的項目符合性有任何疑問時，如試樣與提供者所敘述的不符，或未完整詳列校正、測試需求，則實驗室在執行作業前應向客戶進一步洽詢。實驗室應訂定對已接收件所有必需的準備事項，或客戶是否需要實驗室作準備或安排等措施。

實驗室應具有書面程序和適當設施，

以避免校正件或測試件於儲存、處理、準備與校正或測試期間變質或損壞，且任何隨試件的說明事項均應遵行。當試件需在特定環境條件下儲存或處理時，該環境條件應予必要的維持、監控及記錄。當校正件或測試件，或者其中的部份須予安全保存時（如基於記錄、安全或價值的理由，或基於能日後核對校正、測試的執行結果），實驗室應有儲存及安全防護安排，以保護試件或其相關部份的狀況及完整性。實驗室應對校正件或測試件之接收、保存或安全處置等，訂定書面程序，包括維護實驗室整體性之所有必要規定。

12.紀錄

實驗室應維持一套適合其特殊狀況及符合相關法規的記錄系統。實驗室應於適當期限內保存所有的原始觀測資料、計算與導出資料、校正記錄、校正報告複本、測試證書或測試報告複本。每一校正與測試記錄應涵蓋足夠的資訊，以供複作。記錄亦應包含參與取樣、準備、校正或測試的人員姓名或代號。所有記錄、證書和報告等應妥爲保存，安全保管，並對客戶資料保密。

13.證書及報告

實驗室執行每一項校正、測試，或一系列之校正、測試所得之結果，應依校正或測試方法所規定，出具準確、清晰、不混淆及客觀的報告。量測結果一般應以校正證書、測試報告或測試證書等報告形式表示，並應包含所有必要的校正或測試結果資訊，以及所使用方法上所要求的資訊。

每一證書或報告至少應包含下列資訊：

（a）標題；如”校正證書”，”測試報告”或”測試證書”。

（b）實驗室名稱和地址；若校正或測試作業係於實驗室所在地以外操作時，應載明其實際的作業地點；

（c）證書或報告的特殊識別（如序號）、頁碼及總頁數；

（d）宜註明委託者名稱及地址；

（e）敘述並明確識別校正件或測試件；

（f）校正件或測試件之特性與狀況；

（g）宜註明校正件或測試件之接收及執行作業日期；

（h）標示所使用的校正或測試方法，或任何使用非標準方法的明確敘述；

（i）提及相關的取樣程序；

（j）校正或測試方法規定事項以外的任何增加、減少或偏離事項，以及對特定的校正戍測試的任何其他資訊，如環境條件；

（k）量測、檢驗、導引的結果以及任何的缺失指證說明，可輔以適當的圖、表

十照片；

(l) 宜敘述校正或測試結果的不確定度；

(m) 負責證書或報告內容人員的簽名或蓋章、職稱、及報告發出日期；

(n) 若相關時，聲明測試結果僅對校正或測試樣品有效；

(0) 聲明除非獲得實驗室書面同意，證書或報告不得摘錄複製，但全部複製除外。

當證書或報告內的校正或測試結果中，包含有協力實驗室所執行者時，則這一部份結果應予明確標示。修正或增補已簽發之校正證書、測試報告或測試證書時，應以專用的文件或數據修正單爲之。內容敘述包括「校正證書（亦或爲測試報告或測試證書）之修正增補，原報告序號（或其他類似的識別）等」，或以類似的文字敘述。這些修正文件應符合本指引第12章所有相關要求。

當實驗室確認其任一量測或測試設備不良，以致對已簽發之任一校正證書、測試報告、測試證書或修正文件等之結果有效性質疑時，實驗室應立即以書面通知客戶。

14.校正或測試之外包

當實驗室任何部份之校正或測試作業，以契約方式委託另一協力實驗室執行時，受委託執行工作的協力實驗室應符合本指引的要求。實驗室須確定並能證實其協力實驗室具備執行受託工作的能力。並符合受託工作對實驗所訂之能力準則。當實驗室欲將部份測試工作委託第三者執行時，應以書面告知其客戶。實驗室必須記錄並保存對協力實驗室執行能力及符合事項詳細調查資料，並應保存所有協力實驗室的登錄檔案。

15.外界之支援服務與供應

當實驗室尋求非本指引所提及的外界服務與供應，以支援其校正或測試時，實驗室應限用具有適當品質的外界支援服務與供應，以維持其在校正或測試之公信力。對外界的支援服務與供應，沒有第三者的品質保證時，實驗室應有程序以確保所購買的設備、原物料及服務均符合特定的要求。如果可能，實驗室應確保所購買的設備與消耗性物料，經檢查、校正或其他查驗，符合任何對校正或測試有關的標準規格後方可使用。對校正或測試需要的支援服務或供應，實驗室應保存所有供應者的記錄。

16.抱怨處理

實驗室對客戶或其他相關單位提出有關實驗室作業的抱怨，應訂定書面處理政策及程序。實驗室應保存所有的抱怨及實驗室處理的記錄。當客戶抱怨，或其他狀

況引發對實驗室是否符合其政策、程序、本指引要求之質疑，或對實驗室校正、測試工作品質有懷疑時，實驗室應確保這些相關的活動及責任，立即依本指引第五章實施稽核。

(三) ISO/IEC Guide 25 之研議修正

ISO/IEC Guide 25 自1990年修訂發行以來，實驗室中之品質保證措施根據各種科學理論和實務操作不斷改進，加上其他相關領域不斷出現新的指引和標準，如ISO 9000品質管理系列及ISO 14000環境管理系列之出現，因此ISO/IEC Guide 25 爲了因應情勢之發展及配合其他相關指引和標準的變更，已開始著手重新修訂，預定修正爲ISO 17025，唯至1999年10月仍討論研議之中，預定2000年可以正式公布。

三、參加ISO/IEC Guide 25 認證之益處

實驗室參加ISO/IEC Guide 25 認證，對於實驗室本身而言，可帶來下列之主要益處：

1. 建立實驗室品質管理系統，清楚地定義實驗室人員角色、責任及權力；
2. 評估實驗室本身是否符合指引之規定；
3. 達成實驗室系統之一致性，減少或消除實驗室無意義或衝突之運作，增加實驗室運作效率；
4. 重新瞭解整個組織內各部門的運作，以及實驗室與各部門之關係；
5. 瞭解改善實驗室品質系統之策略規劃程序及內容；
6. 實際執行實驗室品質系統之改善，減少再重新分析樣品之錯誤次數，大幅降低操作成本；
7. 協助建立實驗室檢測人員之檢測分析技術能力；
8. 協助實驗室減少盲目之稽核，並增加實驗室追溯錯誤之容易程度，避免盲目之追溯；
9. 顧客對檢測報告有信心，增加委託檢驗之機會。
10. 爲實驗室未來之發展選擇正確之方向。

四、參加ISO/IEC Guide 25 認證之準備工作

實驗室若要取得ISO/IEC Guide 25 相關認證團體之認證，必須事先進行完整之規劃，然後依據計畫進行準備工作及修正措施。主要之準備工作如下：

1. 取得上級之大力支持和參與；
2. 規劃參加認證之流程及期程；
3. 進行實驗室認證條件之自我評估；
4. 辦理實驗室人員訓練；
5. 建立實驗室品質管理系統所需之文件、格式和管制方式；

6. 進行實驗室內部稽核；
7. 辦理實驗室外部稽核。

其中資料的文件化，是最重要的工作之一。如果能夠將各類文件電腦化，將可省去許多重複的功夫。同時亦可利用電腦，將檢驗程序、計算、品質管制、儀器管理等工作由人工改爲自動化。

五、ISO/IEC Guide 25 與ISO 9000系列之不同

(一) ISO 9000系列認證時要求下列問題之確認

1. 是否訂定作業程序?
2. 是否文件化?
3. 是否依規定實施?

(二) ISO/IEC Guide 25 認證時要求下列問題之確認

1. 是否採取最適的測試或校正程序?
2. 各程序是否產生最精確的結果?
3. 是否曾進行驗證以確認該程序最爲精確?
4. 是否具有因地制宜之有效的品質管理程序以確認精確度?
5. 實驗室人員是否瞭解各項測試和校正程序所根據的科學知識?
6. 對各項程序之限制是否充分瞭解?
7. 能否預測在使用各項程序下可能產生的任何技術的問題?
8. 執行各項程序是否具有正確的設備、消耗品和其他資源?

(三) ISO/IEC Guide 25 與ISO 9000之異同

1. ISO 9000系列適用於一般之生產、服務等行業或團體，ISO/IEC Guide 25 則適用於校正與測試實驗室，包括化學、光學、音響、電子、電力、機械、土木、環境、物理、生物、製藥、游離輻射等校正與測試實驗室能力之一般要求。ISO 9000系列與ISO/IEC Guide 25 均可作爲第三團體認證之依據規範。
2. ISO 9000系列係以品質管理系統之建立規定爲主，對於技術方面較少作要求，但要求將各項品質管理措施文件化，而不是技術規範，故ISO 9000系列之認證並非對個別產品、專門技術或個人能力之認證。
3. .ISO/IEC Guide 25 除了要求文件化等，另外比較強調實驗室運作技術、程序、標準追溯方面要求，因此人員的訓練、績效測試、特殊測試方法之驗證等均是要求重點。
4. 無論ISO 9000系列或ISO/IEC Guide 25，對於資料的文件化都是最重要的工作之一，因此對於各項檔案、紀錄的建立和管理均需加以系統化，隨時利於儲放與取得，但對於具有機密性之文件，仍

需加以管制。

5. ISO/IEC Guide 25 與IS0 900I條文之對照表如表二。
6. 綜合上述，若實驗室其校正與測試作業完全符合ISO/IEC Guide 25 的要求時，亦符合IS0 9000系列標準之相關要求。實驗室管理者和檢測人員爲ISO/IEC Guide 25 所準備的文件，對於參加IS0 9000系列中之IS0 9002認證，一般均足以符合其所要求之文件。實驗室通過ISO/IEC Guide 25 認證後，大致上要通過9000系列中之IS0 9002認證就無特別問題，但實驗室通過9000系列認證後，並不表示一定可以通過ISO/IEC Guide 25 認證。

表二 ISO/IEC Guide 25與 ISO 9001 條文對照表

ISO/IEC Guide 25‡„ƒ,	ISO/IEC Guide 25‡„ƒW	ISO 9001 –Ł/
†˜/@‡„	‡ ‰d	--
†˜/G‡„	ƒ ,Œfi˘	--
†˜/T‡„	ƒW 'w,q	--
†˜¥|‡„	† ´·»P″ †z	4.1
†˜/›‡„	«~‰Ł¤t† ¸¡B‰]fi »P ¸ Q	4.1.3,4.2,4.3,4.5,4.13,4.17,4.20
†˜/»‡„	/H›ß	4.18
†˜/C‡„	‡]‹I»P „	4.11,4.9
†˜/K‡„	‡]‡˘»P ƒ "«‰Ł	4.9
†˜/E‡„	¶q·œ l•„/¸fi ¥¿	4.11
†˜/Q‡„	fi ¥¿»P·œ, /Ł"k	4.4,4.5,4.6,4.9,4.11,4.20
†˜/Q/@‡„	fi ¥¿¥ »P·œ, ¥ ‡B†z	4.7,4.8,4.12,4.15
†˜/Q/G‡„	‹ ¿	4.16,4.10
†˜/Q/T‡„	ˆ fi /¸‡Ł§i	4.15,4.16,4.13
†˜/Q¥|‡„	fi ¥¿' ¸·œ, /§¥~¥]	4.6
†˜/Q/›‡„	¥~‹ /§/ ·'"A ¨»P¤ ‡	4.6.4.10
†˜/Q/»‡„	'Œ«Ł‡B†z	4.14.4.19

資料來源：http

六、結語

優良的實驗室必須在可以控制、一致性與安全性充足等諸多條件下進行規劃、設計、生產、檢查、分送、建置和服務等運作，才能提供正確之檢測數據。ISO/IEC Guide 25 主要在於確認檢測數據之有效性，提供之功能包括實驗室一般要

求、實驗室品質管理系統建立、實驗室各項條件之符合程度、實驗室認證標準依據等等指引，已經是國際的共同規範，用以確認校正與測試實驗室各項條件之符合程度，不僅可作爲實驗室品質管理與技術能力之基本要項，亦可作爲實驗室認證的標準依據。實驗室應遵照此一指引，透過績效測試、顧客滿意和持續修正改善等方式，以追求實驗室生產和服務達到最高的品質水準。ISO/IECGuide 25 也是實驗室經營業者和受委託檢驗者之間共同依循的運作準則，實驗室可據此提供一定水準以上之服務，並可持續有效改善品質。

七、誌謝

感謝中華民國實驗室認證體系提供「ISO/IEC Guide 25 ，第三版，校正及測試實驗室能力一般要求」（中譯本）資料，對於本文中之ISO/IEC Guide 25 條文及中譯名詞編寫裨益良多，謹此致謝。

八、參考文獻

（一）中文部分

1. 中華民國實驗室認證體系，ISO/IEC Guide 25 第三版，校正及測試實驗室能力一般要求（中譯本）。
2. 中華民國實驗室認證體系，中華民國實驗室認證體系運作綱領與實驗室認證共通規範，文件編號CNLA-RG02，1998年11月，新竹。
3. 周念陵，實驗室評鑑新標準之研究，中華民國實驗室認證體系秘書處，1999年9月，新竹。

（二）英文部分

1. Anthony J. Russell. "Laboratory Accreditation in a World-wide Perspective, "Pittcon, March 7, 1994.
2. European Organization for Testing and Certification (EOTC/AdvC/34/92), "Ascertaining the Competence of Test Laboratories, in the Framework of EOTC Agreements Groups, "April 15, 1992.
3. International Laboratory Accreditation Conference Committee 1 on Commercial Applications. "Conformity Assessment: Testing, Quality Assurance, Certification and Accreditation.", February 1994.
4. International Laboratory Accreditation Conference. "Validity of Laboratory Test Data: The Application of ISO Guide 25 and ISO 9002 to Laboratories. "June 1993.
5. ISO/IEC Guide 25 , General requirements for the competence of calibration and testing laboratories, Third edition, 1990.

6. Malcom Bell, "Laboratory Accreditation, "December 1994 issue of TELARC Talk.
7. M.L. Neumann, "The Advantages of Accreditation to ANSI/NCSL Z540-1 (ISO/IEC Guide 25)", Proceedings of the NCSL 1996 Workshop and Symposium, Vol. 2, 843-848, 1996.
8. Peter S. Unger, ISO GUIDE 25 VERSUS ISO 9000 FOR LABORATORIES, American Association for Laboratory Accreditation, http://www.aiha.org/25vs9000.html, 1999/9/30.
9. The National Research Council Canada ISO/IEC Guide 25 - ABOVE AND BEYOND ISO 9000, http://www.nrc.ca/inms/faq/isofaqe.html, 1999/9/30.
10. UK Accreditation, UKAS, UK, http://www.savtech.demon.co.uk/aspects.htm, 1999/9/30.

BioNET®生物程序處理自來水原水之研究

鄒文源[1]、張王冠[1]、洪仁陽[1]、吳漢松[2]、莊順興[1]

一、前言

台灣由於人口密度高而且工商業及農業發達，但土地開發及規劃不當，以致自來水水源受到氨氮及有機物的污染日漸嚴重，而自來水原水氨氮與有機物濃度是影響自來水加氯量的重要關鍵，目前先進國家對飲用水之水質標準新增管制項目大多爲有機物，我國環保署於民國86年9月公告之「飲用水水源之水質標準」中，亦規定原水之總有機碳（TOC）需小於4mg/L，化學需氧量（COD） 需小於25mg/L。另環保署於民國87年2月公告之「飲用水水質標準」亦規定總三鹵甲烷（TTHMs）全國統一標準爲0.1mg/L，同時亦規定民國89年12月起，自由有效餘氯之限值將自現行之0.2至1.5mg/L修改爲0.2至1.0mg/L。爲確保飲用水的安全，減少餘氯在配水管網內之耗損，同時降低加氯消毒時產生三鹵甲烷等副產物的生成，因此對自來水源有必要先進行原水前處理的工作(1)。

根據環保署民國83年對地面水體水質的調查(2)，主要是以河水中的溶氧量（DO）、生化需氧量（BOD）、懸浮固體及氨氮等四項水質參數爲主，發現在台灣的21條主要河川中，未受污染者僅有花蓮溪等7條，其餘主要河川的最下游河段則都受到輕重不同的污染。台灣水庫也是重要的淡水資源之一，根據環保署民國83年的調查以各水庫中水的總磷、葉綠素、和透明度三項指標計算，發現僅有日月潭和翡翠水庫未達到優養化，其餘均已遭到污染發生優養化。所謂優養化即是指水庫中的含有氮、磷等營養物質，因而造成水中藻類大量繁殖的一種現象。

自來水原水受污染問題不僅使水質變壞產生臭味(3)，且會造成處理的困擾，使得濾床阻塞、濾程縮短等，直接或間接造成水處理成本的增加。國內淨水廠多採用預氯處理，而原水中之大量有機物有可能與氯反應而產生三鹵甲烷（THM）等致癌性物質，故不論爲減輕淨水處理的困

工業技術研究院 化學工業研究所 環境科技研究組1 研究員2 副研究員

擾或降低三鹵甲烷的形成，對於受污染之自來水原水的處理技術，已勢必加需要以提升，始能確實提供安全、可口、舒適之自來水。

BioNET反應槽淨化法屬於微生物處理法[4]，其原理爲利用PU泡綿作爲微生物附著生長之擔體，於適當之環境條件下，微生物於擔體之表面增殖，形成生物膜，藉由大量微生物及多樣性微生物族群之作用，分解水中之污染成份，達到淨化水質之目的。

由於BioNET反應槽採用之接觸濾材PU泡綿具有極大之比表面積（m2/m3），可提供大量之表面積作爲微生物增殖之環境，因此，對於水質之淨化，具有相當大之處理潛力；而另一方面，由於東港溪水質之懸浮固體物濃度不高，因此，採用BioNET反應槽淨化法，可提高處理效率。

BioNET反應槽，採用多孔性擔體作爲反應槽之介質，根據相關文獻之報導與目前累積之研究經驗，本處理系統所具有之技術特點如下：

a. 採用多孔性擔體作爲反應槽之介質，提高懸浮固體物攔截之機會，同時，由於擔體屬於開放性孔洞，有助於水流流況之穩定。
b. 多孔性擔體提供廣大表面積作爲微生物附著、增殖之介質，可累積大量生物膜微生物，有助於達到去除各種污染物之目的。
c. 多孔性擔體上成長大量微生物，反應槽具有高負荷、高效率、高穩定性的優點。
d. 成長於多孔性擔體之生物膜型態，有助於特定族群微生物之馴養。
e. 採用固定床/膨脹床方式操作，具有操作簡易之特點。
f. 對於有機污染物之處理，多孔性擔體之成本與浸水濾床材質相近，但其處理功能爲浸水濾床之二倍。

由目前相關研究結果可知，採用多孔性擔體之接觸濾床淨化技術，對於受污染自來水原水之淨化、提昇二級生物處理放流水之品質，去除有機物與TKN、氨氮等具有良好之處理效果。

二、研究方法

本研究採用多孔性擔體之接觸濾床淨化技術，選擇在台灣省自來水公司之港西水廠進行，現場以5m3級模型廠進行原水前處理試驗，其目的在求取放大時之設計參數及了解操作特性。

2.1. 實驗設備

BioNET現場模型試驗之處理流程示意如圖1所示，組裝完成反應槽設備如圖2所示。使用之設備包括：原水泵、進流

泵、流量計、BioNET反應槽、鼓風機等。

2.1.1 BioNET反應槽

BioNET反應槽爲圓柱體，外觀直徑1m、高5.5m，有效體積爲4.2m3，反應槽使用碳鋼材質，底部設有曝氣盤。

2.1.2 PU泡綿

反應槽中填充之PU泡綿主成份爲二異氰酸甲苯與聚丙二醇，泡綿是扇形狀，如圖3所示，每顆泡綿直徑爲2.2cm、厚度爲2cm，體積爲4.5cm3，反應槽填充泡綿量爲槽體之85%，進水初期因泡綿內部孔隙含空氣，水不易取代填滿，所以會上浮至槽頂1/3左右，但連續進水操作二星期泡綿充滿水後，泡綿就會充滿整槽。

2.2實驗操作與控制

本研究採模型廠現場試驗方式進行，模型廠現場處理試驗之重點在於，探討反應槽單元之處理效能，做爲實廠設計之依據；處理試驗依處理水質狀況，調整試驗時程，以利掌握淨化改善時之操作特性。

模型廠試驗於現場進行，進流水自港西水廠進水口抽取原水，流入一緩衝槽，再抽送至BioNET反應槽，經處理後的水，先流入放流水槽後再排放。模型廠試驗，主要之控制參數爲水力停留時間，試驗過程中連續採取水樣並進行分析，以評估模型廠之處理性能與穩定性，以確實掌握自來水原水採用BioNET處理之可行性。

模型廠試驗採樣分析之項目包括有機物質（TOC、 TCOD、SCOD、SS）、營養鹽物質（TKN、氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮等）與濁度。

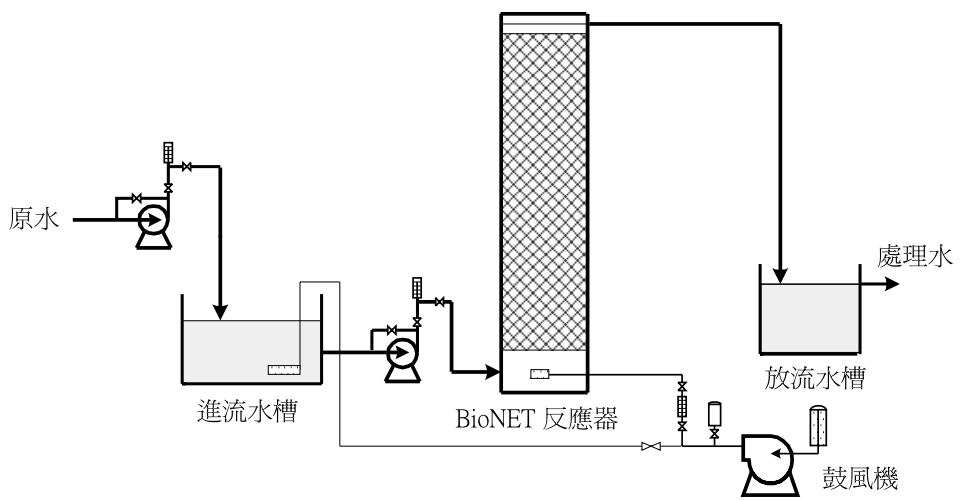


圖1 BioNET模型廠流程示意圖

圖2 BioNET模廠反應槽

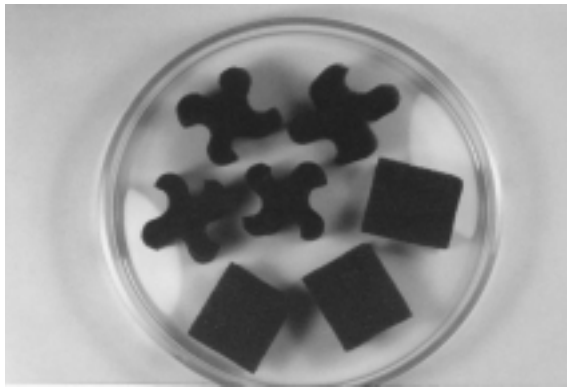


圖3 反應槽使用的PU泡綿

模廠試驗初期先控制進水量爲40L/min，反應槽並未外加植種微生物，大約經過14天連續馴養後，PU泡綿會附著生長微生物，泡綿擔体重量增加後會下降而形成浮動床，反應槽採全面曝氣，曝氣量爲200Nm3/min ，反應槽未進行迴流。

三、結果與討論

港西水廠BioNET處理實驗，分成原水水質調查結果與模廠試驗結果分別討論。

3.1港西自來水原水水質調查

港西水廠原水水質自87.10.7至88.6.11採樣分析結果整理成表1。

綜合以上之原水水質分析結果可知：pH值最高9.29，最低7.00，平均值爲7.38；TCOD最高246 mg/L，最低1.0 mg/L，平均值爲25mg/L，其中有38%大於25mg/L；TOC平均值爲10 mg/L，幾乎100%大於4mg/L；氨氮平均值爲3.69 mg/L，有77.05%大於1 mg/L。顯示港西水廠原水已受到嚴重污染，爲使原水達到自來水原水標準值以內，避免自來水產生過多三氯甲烷，並避免飲用時感覺有不快的口感，原水宜採適當的生物前處理。

3.2模廠實驗結果與討論

BioNET模型廠從87.2.10至88.6.11經長時間試驗，其操作條件及結果列於表2。

表1 港西水廠原水水質分析結果

項目	最小值	最大值	平均值
pH	**7.00**	**9.29**	**7.38**
TOC (mg/L)	**3.85**	**18.36**	**10.00**
TCOD (mg/L)	**1.00**	**246**	**25.00**
SCOD (mg/L)	**0.30**	**183**	**18.27**
SS (mg/L)	**ND**	**575**	**20.26**
濁度 **(NTU)**	**5**	**524**	**31.90**
TKN (mg/L)	**ND**	**11.52**	**5.83**
氨氮**(mg/L)**	**ND**	**10.88**	**3.69**
硝酸氮**(mg/L)**	**ND**	**12.61**	**1.39**
亞硝酸氮**(mg/L)**	**ND**	**4.27**	**0.15**

3.2.1 模廠試驗進流水及出流水有機物之變化

由圖4模廠試驗TOC之變化可知，除第1試程因TOC分析儀故障數據不採用外，第2至第5試程的去除率分別是17.01%、20.97%、25.85%及18.77，TOC去除率總平均爲20.65%顯示水力停留時間由90分縮短至10分TOC仍有不錯的去除效果，但經處理後之放流水TOC仍大於自來水原水的標準4mg/L，因此仍有待進一步研究，再提昇去除率。

由圖5模型廠試驗TCOD之變化可知，第1試程可能是BioNET初期較不穩定，以致去除率稍低爲11.89%，但BioNET泡綿隨後經較長時間的馴養後，雖然提昇進流量縮短HRT至30分，由表4可知COD體積負荷由0.38㎏ COD/m3 day提昇至1.15㎏ COD/m3 day，其TCOD的去除仍上升至22.67%，再分階段提昇負荷至第3試程體積負荷爲1.55㎏ COD/m3 day，進流水平均TCOD爲21.51mg/L時，去除率爲22.16%；第4試程體積負荷爲2.15㎏ COD/m3 day，進流水平均TCOD爲22.57mg/L，其去除率爲19.74%；第5試程體積負荷爲3.74㎏ COD/m3 day，進流水平均TCOD爲26.20mg/L，其去除率仍有16.71%，顯示BioNET對COD去除的潛力很大。

由表2模廠試驗SCOD之變化可知，試程1至試程5，雖然HRT由90分縮短至10分，COD體積負荷由0.38㎏ COD/m3 day提昇至3.74㎏ COD/m3 day，進流水各試程之SCOD平均在12.53至18.93mg/L，其SCOD的去除率相當穩定，維持在16.68至19.67%之間。

3.2.2 模廠試驗進流水及出流水SS之變化

表2 模型廠試驗操作條件及結果

操作條件	試程 1	試程 2	試程 3	試程 4	試程 5
試驗日期	87.2.10 87.5.20	87.5.21～ 87.9.16	87.9.17 88.1.1	88.1.13 88.4.2	88.4.21 88.6.1
反應槽體積(m^3)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
進料量(m^3/day)	67	201	302	400	600
水力停留時間(min)	90	30	20	15	10
有機物體積負荷(kgCOD/m^3.day)	0.38	1.15	1.55	2.15	3.74
氨氮體積負荷(kgNH_3-N/m^3.day)	0.07	0.8	0.28	0.44	0.54
進流水水質					
pH	7.90	8.14	7.31	7.24	7.15
TOC (mg/L)		10.23	7.44	12.23	8.63
TCOD (mg/L)	23.61	24.13	21.51	22.57	26.20
SCOD (mg/L)	18.93	13.67	13.88	17.85	12.53
SS (mg/L)	8.51	33.33	18.39	25.05	27.50
濁度 (NTU)					35.20
TKN (mg/L)	6.45	3.24	4.01	7.54	7.45
NH_3-N (mg/L)	4.20	1.64	3.88	4.63	3.78
NO_3-N (mg/L)	1.28	1.82	1.95	0.81	0.95
NO_2-N (mg/L)	0.19	0.08	0.14	0.54	0.00
出流水水質					
pH	8.03	8.24	7.28	7.21	7.33
TOC (mg/L)		8.49	5.88	9.81	7.61
TCOD (mg/L)	20.80	18.66	16.74	18.21	21.83
SCOD (mg/L)	15.72	11.39	11.55	14.32	10.25
SS (mg/L)	12.17	30.23	19.93	18.80	18.81
濁度 (NTU)					16.68
TKN (mg/L)	2.23	1.84	1.40	1.46	0.92
NH_3-N (mg/L)	0.79	0.44	0.20	0.27	0.65
NO_3-N (mg/L)	3.82	3.33	4.33	5.17	5.96
NO_2-N (mg/L)	0.09	0.03	0.08	0.33	0.00
TOC 去除率(%)		17.01	20.97	25.85	18.77
TCOD 去除率(%)	11.90	22.67	22.16	19.74	16.71
SCOD 去除率(%)	16.94	16.68	16.82	19.67	18.19
SS 去除率(%)	－43.00	9.30	－8.37	24.95	31.60
濁度去除率(%)					52.61
TKN 去除率(%)	65.43	43.52	65.09	80.64	87.65
NH_3-N 去除率(%)	81.19	73.17	94.85	94.17	82.80
NO_3-N 增加率(%)	198.44	82.97	122.05	538.27	527.37

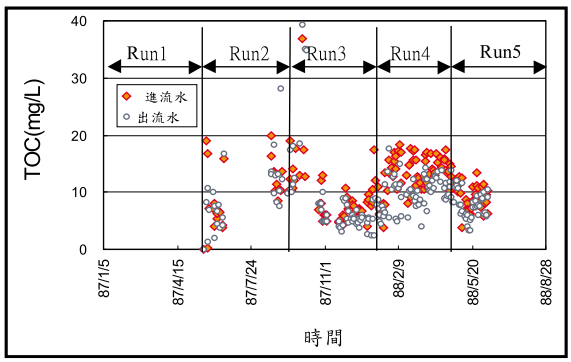


圖4模廠試驗TOC之變化

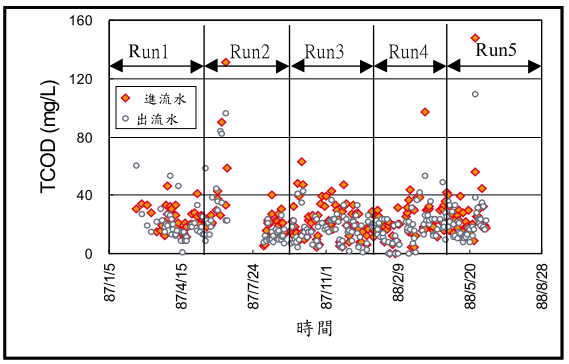


圖5模廠試驗TCOD之變化

由圖6模廠試驗SS之變化可知，BioNET對SS的去除不穩定，由第1試程可知進流水平均SS爲8.251mg/L，但出流水卻上升爲12.17mg/L，但在第5試程進流水SS平均爲27.50mg/L時，出流水可下降至18.81mg/L，去除率可達31.60%，造成BioNET反應槽對SS去除不穩定的原因，可能是泡棉的填充率不夠，而且因HRT很短，水流上升速度太快，以致無法截留SS所致，未來實廠放大時，應考慮BioNET反應槽要填充100%的泡棉。

3.2.3 模廠試驗進流水及出流水TKN及氨氮之變化

由圖7模廠試驗TKN之變化可知，第1試程HRT爲90分時，進流水平均TKN爲6.45mg/L，出流水爲2.23mg/L，其去除率爲65.43%，當HRT縮短至30分時去除下降爲43.52%，可能是這段時間進流水TKN較低，平均只有3.24mg/L所致，因隨後再提升負荷縮短HRT至20分、15分及10分其去除率均上升，尤其第4、5試程進流水濃度上升至7.45以上，去除率反提高至80%以上，顯示BioNET對TKN的去除潛力相當大。

由圖8模廠試驗氨氮之變化可知，BioNET反應槽的氨氮硝化率非常好，由表2模型廠試驗條件及結果可知，HRT從90分縮短至10分其NH3-N平均濃度從1.64mg/L，氨氮體積負荷從0.07kg NH3-N/m3 day至0.54kg NH3-N/m3 day硝化率都在73%以上，最高達94.85%。顯示BioNET反應槽對氨氮的體積負荷還具有提升的空間。

3.2.4 模廠試驗進流水及出流水硝酸氮之變化

由圖9模廠試驗硝酸氮之變化可知，試程1至試程5，進流水NO3-N平均濃度在0.81~1.95mg/L，出流水則升高至3.33至

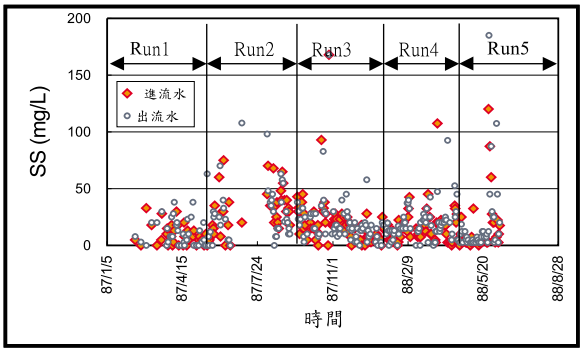


圖6 模廠試驗SS之變化

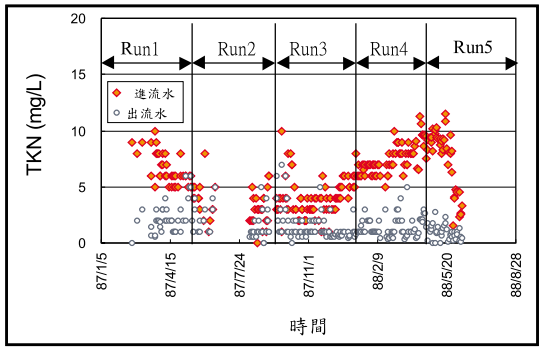


圖7 模廠試驗TKN之變化

5.96mg/L，NO3-N增加率第5試程最高達527%，顯示HRT縮短至10分仍不影響NH3-N硝化爲NO3-N，而且具有縮短HRT的潛力。反應槽在正常曝氣操作下不會產生亞硝酸氮，除非鼓風機異常，反應槽溶氧不足才會產生亞硝酸氮，試驗期間進流水NO2-N的總平均爲0.15mg/L，出流水總平均爲0.11mg/L。

3.2.5 模廠試驗期間泡綿中之污泥量及微生物菌相

模型廠試驗至第3試程87.12.22時從BioNET反應槽高3.5m之取樣口，取泡綿20顆，部份泡綿如圖10所示，利用純水擠壓清洗6次，PU泡綿烘乾並測其重量，此重量與原始新泡綿重量比較，結果減少了13.53%。收集污泥液取10ml做爲觀察污泥菌相用，其餘利用高速離心機8000rpm離心20分，刮取沉澱污泥經105℃烘乾是爲SS，乾污泥經550℃高溫爐烘燒，揮發掉的成份爲VSS即是有效菌體量。經分析結果每顆泡綿污泥含有SS爲36.75mg，VSS爲15.89mg，VSS與SS的比值爲0.43。

BioNET反應槽共添加331000顆泡

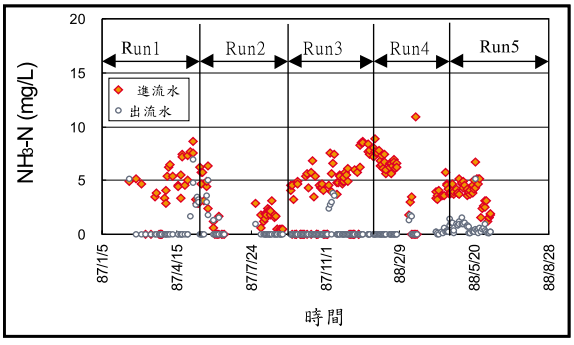


圖8 模廠試驗氨氮之變化

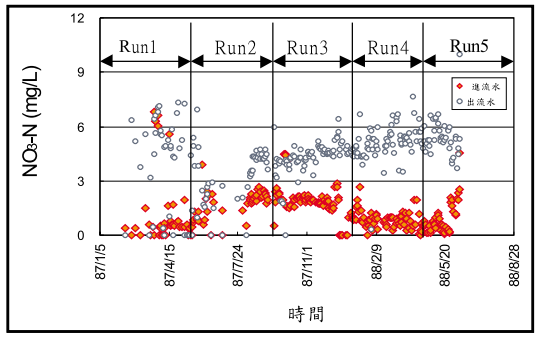


圖9 模廠試驗硝酸氮之變化

綿，每顆泡綿含微生物（VSS）15.89mg，因此槽中共有微生物量5259g，如果以此微生物量，計算試程5的COD生物負荷爲2.99㎏ COD/㎏ VSS day，氨氮生物負荷爲0.43㎏ NH3-N/㎏ VSS day，COD與氨氮的負荷均相當高。

利用顯微鏡觀察附之污泥菌相，結果如圖11所示，由圖中可知，附著生長的微生物形成之污泥膠羽非常結實，菌相大都是膠囊桿菌與黏液球菌，很少絲狀菌，因

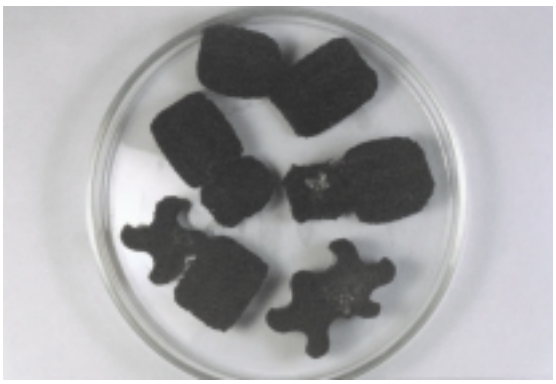


圖10 BioNET使用中之泡綿（87.12.22）

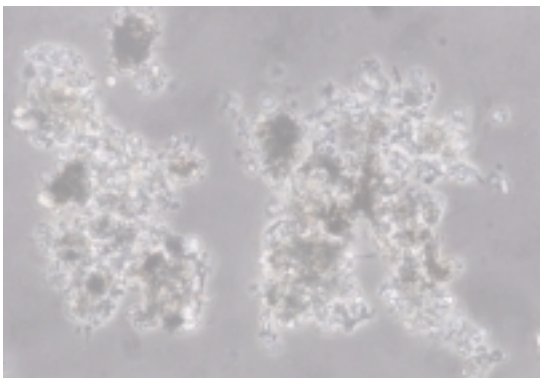


圖11 BioNET泡綿內微生物（250X）

此BioNET放流水中所含的SS沉降性非常好。

四、經濟評估

設計每天處理40,000m3自來水原水之處理廠，原水COD爲25mg/L，採用BioNET技術其處理流程如圖12所示，其建造費與操作費評估如下：

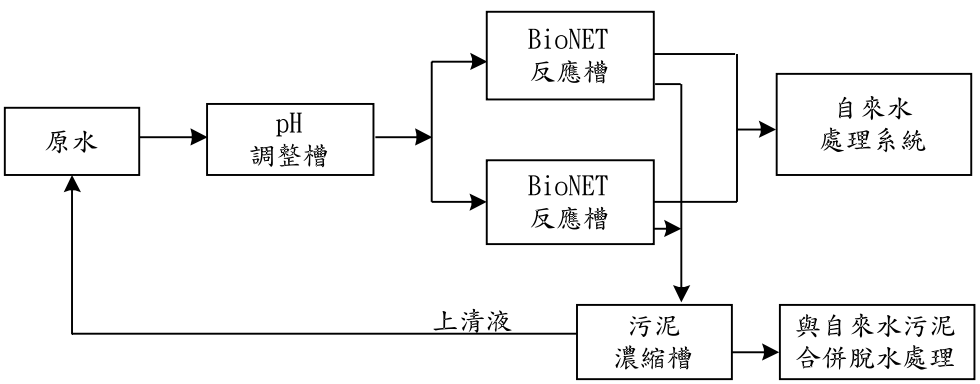


圖12 自來水原水處理流程

4.1建造費評估

BioNET處理廠設計基準及建造費計價基準如表3所示，預估總建造費為NT$1,340萬元。

表3 BioNET處理廠建造費

設計基準	BioNET反應槽	污泥濃縮槽	H_2SO_4貯槽	PH調整槽	合計
HRT	**20min**			**5min**	
體積(m^3)	**560**	**60**	**20**	**140**	**780**
造價(萬元)	**1120**	**60**	**20**	**140**	**1340**

註：反應槽建造含泡綿，單價為 **NT$20,000/$m^3$**；其他桶槽為 **NT$10,000/m^3**。

4.2 BioNET處理廠操作費評估

BioNET處理廠操作費計價基準及總操作費如表4。每天需要處理費約3,080元，平均每m3處理費爲0.08元。

表4 BioNET處理廠操作費計價基準及總操作費

費用種類	計價基準	操作費(元/天)
電費	**1.2KWH/kg CODremoved, 1.8NT$/KWH**	**1,080**
污泥處理費	**0.25kg SS/ kg CODremoved, 8NT$/kg** 乾污泥	**2,000**
合計		**3,080**

註：不含設備折舊。

五、結論與建議

5.1結論

1. 綜合原水水質分析結果可知，TCOD平均剛好位於自來水原水標準25mg/L之內，但有38%大於25mg/L；TOC幾乎100%大於4mg/L；氨氮平均爲3.69 mg/L，有77.05%大於1 mg/L；TKN平均則爲5.83 mg/L。顯示港西水廠原水已受到嚴重污染，爲使原水達到自來水原水標準值以內，避免自來水產生過多三氯甲烷，同時提昇飲用時的口感，原水宜採適當的生物前處理。
2. BioNET模廠試驗HRT由90分縮短至15

分，COD體積負荷爲2.15㎏ COD/m3 day時，去除率爲19.74%，當縮短至10分，體積負荷爲3.74㎏ COD/m3 day時，其去除率仍有16.7%。TOC去除率總平均則爲20.65%，顯示BioNET對有機污染物約有20%的去除效果。

3. BioNET模廠試驗HRT由90分縮短至10分，TKN有87%的去除率，氨氮有83%的硝化率，硝酸氮則有527%的增加率，顯示BioNET對優養化水質的處理效果非常良好。
4. 自來水原水採用BioNET處理經經濟評估結果，每天處理每噸水之建造費約需335元，每噸水之處理費爲0.08元。

5.2建議

BioNET處理技術同時具有操作簡單及操作彈性大之優點，反應槽水力停留時間短，可節省建造所需土地面積及反應槽體積，應用於自來水淨水廠之原水前處理，對氨氮去除等具有良好且穩定之處理效果。因此爲確保自來水的安全飲用水質，在現有的自來水處理流程前，增添此一簡單高效率且又經濟的處理單元，以去除氨氮與有機物，應是最直接可行之方式。

參考文獻

1. 葉宣顯（1998），本省自來水水源中溶解性有機物成份之分析及現有淨水程序對其去除率之評估，國立成功大學環境工程學系。
2. 陳永仁、陳雄文（1995），環境衛生學 - 飲用水衛生，國立空中大學，p.117～145。
3. 杜政榮、姜善鑫等（1998），環境規劃與管理 - 水資源的規劃與管理，國立空中大學，p.67～82。
4. 游惠宋（1997）喜氣流動床技術開發，工業技術研究院化學工業研究所。

   1992。
5. 鄭幸雄（1997）台灣南部給水源污染特性及生物處理程序功能之探討，自來水會刊，第16卷第一期，p.30~56
6. Aivasidis A. and Wandrey C. （1988） Recent Developments In Process and Reactor Anaerobic Wastewater Treatment. Wat. Sci. Tech. Vol.20 No.1 PP.211-218
7. AllidSignal Inc Immobilized Cell Bioreactor:Unique Design Outstrips Other Wastewater-Treatment Systems.
8. Breitenbucher K. （1990） Open-Pore In Sintered Glass As A High-Efficiency

Support Medium In Bioreactors : New Results And Long-Term Experiences Achieved In High-Rate Anaerobic Digestion. Wat. Sci. Tech. Vol. 22

9. Deguchi H. and Kashiwava M. （1994） Study On Nitrified Liquor Recycling Process Operations Using Polyurethane Foam Sponge Cubes As Biomass Support Medium. Wat. Sci. Tech. Vol. 30 No.6 PP. 143-149
10. Heidman J. A. et al （1988） Pilot-Plant Evaluation Of Porous Biomass Supports Journal of Enviromental Engineering Vol.114 ,No.5,PP.1077-1096
11. Pascik Imre （ 1990） Modified Polyurethane Carriers For Biochmical Waste Water Treatment Wat. Sci. Tech. Vol.22 NO.1/2 PP. 33-42
12. Tsubone Toshiaki et al （ 1994） Characteristics Of An Air-Fluidized-Bed Biofilm Reactor System With A Multi-media Filter Wat. Sci. Tech. Vol.30 No.11 PP. 101-110.

現場固化管(CIPP)應用於自來水壓力管之更新

籃炳樟[1] 廖宗盛[2] 賴意君[3]

一、摘 要

隨著都會區的發展，生活於其中的民眾對於日常所賴以維生的地下管道有著密不可分的關係，特別是自來水管線系統維繫整個社會的公共衛生重責，亦是國家生活品質發展的重要指標。然而自來水管線內含強侵蝕力之氯成份，且管線因土質環境變化不易掌控，導致管線發生腐蝕，產生間漏問題。因此老舊不健全的自來水管線，不僅造成民眾日常生活的不便，亦增加社會成本的支出，嚴重時更會造成人民生命財產無可彌補的損失。爲了延長管線的使用壽命，在過去只能定期維修更換部份間漏管段。若要全面汰舊換新，則埋設新管不但工程龐大，而且在地權取得不易的情況，更增加數倍的施工成本。所以尋求一種具經濟效率、快速、對環境及民眾作息影響較小的管線修復工法，是今日都會區所面臨的重要問題。在各種情況的考量下，爲能改善、延長既有管線年限，降低社會直接及間接成本，現場固化內襯管（CIPP）則爲最好的選擇。

現場固化內襯管（CIPP）具有：

1. 與舊管密合（Close-fit）的特性，且無接縫及接頭，表面平滑，可有效防止間漏，不影響原有設計流量。
2. 施工性佳，各種圓管、非圓管、彎頭均可施工。
3. 抗腐蝕性佳，且可增加主管線結構上之強度，有效延長主管線之使用壽命。
4. 施工設備佔地面積小，對環境及交通阻礙少等優點。目前已爲歐、美、日各國運用於飲用水管線修復多年，充份證實爲一符合成本效益之優異工法。

本文將提出現代社會對CIPP飲用水壓力管的必需性， 並回顧其發展過程, 此外亦將探討CIPP飲用水壓力管之設計考量與相關規範，供各界參考。

一、前言

由於社會、產業結構的改變，使得今

1 臺灣省自來水公司工務處副理
2 行政院公共工程委員會主任秘書
3 派爾國際工程公司總經理

天都市人口密度日益增高，又因都市建設與環境景觀因素，地面上管線下地的要求，使得地面下的各種管線亦日形複雜。以自來水管線而言，於設置當初管材選用雖經評估分析後才予埋設，但隨時間流逝與經年使用，該等管線已老舊不堪使用，或因水壓及水錘作用、地質環境變異、其他單位施工影響、管內氯離子侵蝕、甚或當初施工不當等因素，處於應立即修護的需要。依據1994年統計資料顯示，全年台北市之配水總量約爲8.8億立方公尺，售水總量約爲5億立方公尺，台灣省之配水總量約爲21.3億立方公尺，售水總量約爲17.1億立方公尺，將不計費水量扣除後，則台北市自來水之漏水率約爲26%，台灣省自來水之漏水率約爲14%，合計每年漏水量約有5.3億立方公尺，估計約達1.5座翡翠水庫的有效容量。除成本損失外，在水資源缺乏及開發困難的台灣，不但是一項資源的浪費，也是一件值得省思的事情。

除上述水資源的浪費及營業損失，老舊管線的間漏、損害造成地層掏空，而使路基、房屋塌陷，影響人民生命財產安全，這些潛藏於地下的危險因素，在在突顯管線維護的必要性。因之定期維護或抽（汰）換舊漏管線，乃是延長管線使用的最適方式。以往均採用明挖方式施工維修或汰換管線，但隨社區的發展與資料管理人員交接替換，管線資料之實地位置往往與地形地貌不符，甚至遺失，只好以全開挖方式毫無系統的尋找地下空間埋設新管，並報廢舊管。如此使得複雜的管線系統更加惡化且雜亂無章，層層相疊的各種管線，亦可能造成日後其他管線單位開挖維護時產生潛藏的公安風險。此外全開挖施工除可以金錢計的直接成本如施工費、材料費、管理費、高額路修費、廢土清運費、空氣污染防制費等外，另難以金錢計的無形社會成本如施工機具噪音、震動、交通阻塞、車輛廢氣、挖掘產生灰塵飛散形成空氣污染等，皆影響都市居民的生活品質。因此，免開挖（ Trenchless or No-dig ）施工維護管線技術乃因應而生。

二、免開挖施工技術及自來水壓力內襯管的發展

免開挖修復管線技術，乃於一定距離前後開挖兩處施工坑，進行管線的修補維護，不但可以恢復原有管線的功能，且對環境的衝擊最少，大約分類如下：

1. 噴漿內襯工法 （ Spray lining ）：
   （1）水泥砂漿內襯工法（Cement Mortar Lining）
   （2）環氧樹脂內襯工法（Epoxy Lining）
2. 變形及還原內襯工法（Deformed &

Reshaped Lining）：

（1）以壓縮方式使相同或稍大管徑之PE管暫時減少管徑，然後拉入舊管，俟其恢復原管徑大小時，即可與舊管壁緊密貼合，有 Drawdown 與 Rolldown 兩種工法。

（2）.還原 U 型內襯工法 （ Fold & Formed Lining ），將PE管折疊成U 型再拉入舊管內，然後以高壓蒸汽使其復原並緊密貼合舊管壁。

3. 管線置換工法 （ In-line Replacement ）：

（1） 裂管推進工法（Pipe Bursting)，以裂管器做前導，將舊管破裂並擠壓入週遭土壤，隨後遷引新管。

（2） 內套新管工法（Sliplining），在現有管內直接拉引或推入較原管徑爲小之管材，一般自來水管使用 PE 管爲多。

4. 現場固化內襯工法（Cure-In-Place Pipe, CIPP)。

由於 1項皆使用於較小口徑如300 mm 以下，且發展歷史較早，技術純熟，2項則因材質之記憶特性，當空管或負壓產生時，管材可能恢復未施工前形狀，3之（1）項亦使用於較小口徑之舊管更新，3之（2）項雖然使用於較大管徑之舊管更新，但與原有管徑相比則較原先規設之管徑爲小，較不符需求，以上本文均不予敘述，僅就4項之現場固化內襯工法予以介紹。

現場固化內襯（Cured-In-Place Pipe, CIPP, Insituform™工法發明於1970年代初期，最初使用於下水道之修繕。此工法採用充填樹脂之柔性織布內襯管緊貼於管線內壁，充填樹脂之內襯管經固化後，不但提供良好之結構性功能，並且具備良好之水理特性。除了增加管線使用的最大限度外，經修繕後之管線可免除繼續滲漏與腐蝕等缺失，並且間接提升管線附近土石之穩定性。

80年代初，現場固化內襯工法將其應用範圍自重力流管線延伸至壓力管，進而自來水管線。此一發展最初在日本應用，採用單一厚度內襯管以修繕壓力管線來加強抵抗地震能力，並阻抗內壓之能力。此項修繕技術除可提供具長期有效之管線阻抗破孔及防止裂縫間漏，具封密性外，並可阻止已完成修繕的管線內壁繼續腐蝕。

此系統之內襯管通常採用樹脂性黏著劑與原管線膠合，以避免空管狀況下內襯管崩塌，而造成管線阻塞或引起部份水氣殘存於原有管與內襯管之間，而其使用之

黏著劑功能在於阻抗管裂縫位移之用。但因其抗撕裂強度不高，因而無法提供明顯抗外壓之能力。針對此一壓力內襯管的設計缺憾，1980年中期，一種具自身勁度之互制型壓力內襯管於美國問世。此產品爲一經濟效益高且只稍微減少管線斷面之修繕工法，該工法之功能足以防止管線腐蝕及內部破損所引起之間漏，此工法所用之複合內襯材料具備適當之撓曲度以確保內襯於任何一處之修繕主管線，包含轉彎處均足以緊貼在主管線內壁。除以上各點外，基於結構上之考量，樹脂與織物合成之內襯管，設計上選擇適當厚度，以應付各種不同之地下環境。

三、自來水壓力內襯管的材料與施工

1.自來水壓力內襯管材料

一般自來水壓力內襯管所使用的材料可分爲未充填之內襯管及樹脂，未充填之內襯管，又分爲行水層、被覆層及強化層。行水層爲修復後與飲用水接觸材料，故大部份採用聚乙烯（Polyethylene）之材料，以確保飲用水質的安全。被覆層則多以聚酯纖維（Polyester fiber）合成，若在其中加入玻璃纖維（Glass fiber）或其它抗張材料，則爲強化層，用以強化壓力內襯管之結構。除此之外，被覆層及強化層亦能隨實際需要，模組化的增加層數以符合設計所需之厚度。

而被覆層及強化層最主要的功能在於吸收充填後的樹脂，使樹脂能完全鎖於纖維內，確保固化後的內襯管能達到所需之厚度。此外，藉由行水層的氣密性，及強化層的抗張性，內襯管可承受反轉時的壓力並擴張緊貼於擬修繕管壁。

使用於自來水壓力內襯管之樹脂，須爲屬無毒之環氧樹脂類之熱固性樹脂。由於樹脂佔整個內襯管的比例極高，故其固化後之物理特性相當重要，爲主要提供內襯管結構性強度之要素。

2.施工流程

由於自來水管少有檢視人孔可供內襯管進入主管修復，故施工時利用另件處配合小規模的開挖工作坑是必要的。而其每段施工長度應視另件位置及多寡而定，以標稱內徑900 mm之管線爲例，10.5 mm以上之厚度，長度可達約300公尺。自來水壓力內襯管之施工步驟略述如下：

（1）清管及檢視：自來水壓力內襯管之清管工作多以高壓水柱、刮除器或清管子彈（Poly pig）爲主，並依施工系統的清理亦有所不同。一般清管工作的目的在於清除主管壁上的沈積物、水垢及腐蝕物，以達到內襯管與主管壁結構部份充分的相黏合。而檢視即

在於確認施工長度及障礙物體、另件、彎頭的數量及位置，作爲施工的依據與備料的最後確認。檢視則由管內電視攝影設備 （ CCTV ）爲之，該設備包括自走車、三百六十度迴轉攝影系統設備、影像監視螢幕及調整器、檢視與錄影等。

（2）內襯管材長度的剪裁及樹脂混合、充填：目前所使用的樹脂大多爲自來水管用二液型環氧樹脂，而其使用量決定於設計厚度及管徑。樹脂混合必需快速均勻攪拌，並徐緩充填進入內襯管以確保樹脂均勻分佈於內襯管內。最後將充填後之內襯管，摺入運送設備送到施工現場，並在運送途中掌握時間及溫度，以免樹脂硬化，而無法施工。

（3）內襯管反轉施工：反轉的過程、反轉所使用的動力，亦因系統不同可分爲空壓式及水壓式，空壓式是以一高壓槽爲主，充填後之內襯管捲於槽內，利用空壓機驅動內襯管反轉。而水壓式則是利用高塔造成水位高差，以驅動反轉過程。而反轉的原理即在於反轉頭，內襯管穿過反轉頭，將內襯外翻並固定於反轉頭，當內襯管獲反轉的動力後，便開始由內向外翻進入主管，而原爲內層則轉翻爲外層，而光滑的外層則變爲內層，如圖一～圖三。反轉時的壓力一般僅需驅動內襯管前進，並緊貼主管即可，如圖四～圖五，反轉的速度須詳加控制，以確保內襯管完全緊貼主管並將多餘樹脂迫入針孔、細縫及接頭空隙中。

（4）內襯管固化：內襯管固化的方式有許多，如常溫固化、加熱固化、紫外線固化，以自來水內襯管所使用之環氧樹脂則爲加熱固化。加熱固化以蒸氣爲熱源者其加熱溫度約在105℃；以熱水爲熱源者加熱溫度約在85℃～90℃，加熱時溫度的控制及熱源的均勻散佈爲維繫固化後產品的品質重要因素。蒸氣加熱系統是以控制管尾將熱蒸氣排出造成蒸氣流動，以確保全管一直獲得定溫的蒸氣加熱，如圖六；熱水加熱系統則以熱水管將定溫熱水送至全管，再至管頭抽水至固化設備循環加熱。一般世界知名的內襯管施工廠商，皆有一套嚴格的控制程序，以確保產品品質。

（5）.內襯管冷卻：爲控制內襯管的收縮過程，使施工後即可正常恢復輸水功能，必需審愼使用冷卻內襯管內之熱源介質。急速的冷卻可能造成內襯管的縱向結構損傷，自然冷卻卻影響通水時間，一般具經驗之施工廠商皆採用階段式冷卻模式，以室溫空氣或冷水逐漸加入內襯管內調和管內熱蒸氣

或熱水直到 接近室溫爲止，如此在確保內襯管結構安全的情況下縮短施工時間。

經冷卻過程後，內襯管即可逕行切割、修整管口，並於管口以不鏽鋼環片加以固定，防止內襯管因內壓而與主管剝離，至此，自來水管修復的施工作業即告完成。再經由試壓、施工坑連接，即可恢復通水。

四、設計考量及規範

由於CIPP內襯管應用於抗內壓與抗外壓的基本設計考量因素大不相同，因此就自來水壓力內襯管如何在設計上取得一個平衡點是相當重要的問題。除此之外，在化性方面，由於涉及民生飲用水問題、材料溶出問題亦需考量。

一般而言，基於抗內壓結構上的考量，樹脂與織物形成之合成壓力內襯管，設計上通常優先考慮材料長期與短期破壞強度而非材料勁度。然而有些管線長期在內壓正常使用情況下，亦可能短時間或一段時間內承受外在靜水壓。例如：當管線因操作不當所需承受的負壓或管線位於地下水位之下，而週期性管線解壓，或不使用之情況，在這些情況下設計時需檢測內襯管挫屈之穩定性。基於上述管線系統結構穩定之條件，固化後之內襯管在結構安全考量下本身應具有抵抗外在地下水壓及長期內、外壓不平衡甚至負壓之情形。

因此，一種較完整的壓力內襯管設計除考量阻抗內壓的抗張強度因素外，基本上抗外壓的勁度問題亦需一併列入。到目前爲止，於壓力內襯管的設計規範仍僅有美國ASTM F1216有明確規定。

一般抗內壓之張力強度，主要以利用橋樑的跨載效應觀念來設計壓力內襯管材。若主管壁內徑與孔縫的比率不超過一特定值，則壓力內襯管可視爲一圓形平板固定在邊緣，只用以抵抗橫向壓力。當孔縫大於一特定值，則壓力內襯管不能計入平板承載力。以承受孔縫邊之彎矩荷重時，則必需計入環形拉力或箍應力，此時對壓力管線的抗壓能力設計需以不具互制性壓力內襯管，亦即考量由壓力內襯管獨立承受特定壓力。而其抗內壓能力則主要取決於標準管徑—管厚比（Standard Dimension Ratio, SDR）。因此，在考量壓力內襯管修繕後的功能及經濟效益下，我們建議在安全許可下制定一安全壓力，並以不具互制性壓力內襯管爲最低考量，再加以長期安全因數考量併入互制性壓力內襯管設計之抗內壓能力。

勁度爲圓型內襯管抵抗外在壓力之重要特性，對大部份管線承受地下水壓（亦適用於承受土壓之例）之重要挫屈設計，需適度考量內襯材料抗撓性及抗壓性之老化行爲影響性。設計上如果提高過量之環

向勁度以抗挫屈，並未顯現出明顯的好處，此乃因爲勁度與撓曲性，爲不可避免相互牴觸之要素。而且撓曲性爲密合性內襯管之一種特點，其能藉由土壤與主管線適度調整而達成平衡狀態，以吸收管線修繕後任何內襯之小幅變形而不明顯增加其應力。

由上可知，在壓力內襯管的設計上，首重於抗張力，次爲勁力及撓度，因此在ASTM F1216-93中，當我們依據壓力管設計特定壓力下，計算出其所需之厚度後，仍應回頭以非壓力管設計公式驗算其外壓結構及AWWA C95之最小勁度要求。

雖然目前在歐洲學術界對於ASTM F1216-93所採納以“相當於埋設新管”的理念下進行設計過於保守，但在世界尚無對內襯管有較深入、正式的研究文獻出爐，我們仍建議以現有規範爲主。惟我們仍需密切注意上述質疑的發展，因爲以壓力內襯管進行管線修繕其最大的好處之一，即在於施工中未擾動管線周圍土壤，而使土壤得以保持其原有之自然壓密度及理想之壓力分佈狀態，此狀態使得土壤潛在性荷重傳遞至內襯管之機率將大大減少，對於全開挖施工即使採用非常仔細的夯實，仍是完全無法達到的，因此，這種質疑是合理的，並值得注意其未來發展動向。

自來水壓力內襯管的化性爲一項最重要的因素，因爲自來水管所輸送的飲用水，攸關上千萬人的飲用安全及健康問題，不論我們在材料物理特性表現的多適宜，若所使用之材料在輸水時可能溶出有害人體健康之化學物質，那麼再適宜，也無法使用於自來水壓力內襯管。

在此嚴格要求下，世界各國均有其飲用水溶出標準；以日本爲例JWWA K-135即明定規範各項溶出之試驗方式及標準值如下：

K-135即明定規範各項溶出之試驗方式及標準值如下

檢驗項目	單位	標準值	備註
濁度	NTU	≦ 0.5	*1
色度	"	≦ 1	"
高錳酸鉀消耗量	mg/l	≦ 2	"
餘氯折減量	mg/l	≦ 0.7	"
臭味		Normal	"
口感 (Taste)		"	"
氰化物	mg/l	None	"
酚類	mg/l	≦ 0.005	"
Epichlorohydrin (OCH_2CHCH_2Cl)	mg/l	None	"
胺類 (Amines)	mg/l	None	"

說明：*1: Standard JWWA K-135 化驗之項目，上表使用於飲用水之環氧樹脂溶出試驗值須在標準值以下。

在美國亦更嚴格，以整體性材質適用飲用水的標準認証之，載明於NSF中的第61號標準（Standard 61; Drinking Water System Components-Health Effects）。目

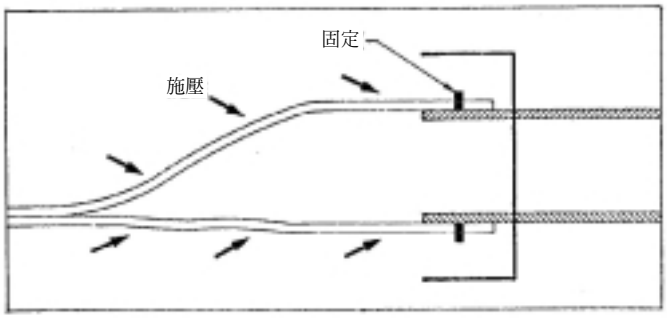
前在台灣亦有類似日本JWWA之溶出試驗方式及標準值，而相關規定亦納入現行使用之飲用水壓力內襯管規範中，以確保公共飲用水符合世界品質標準。

五、結論

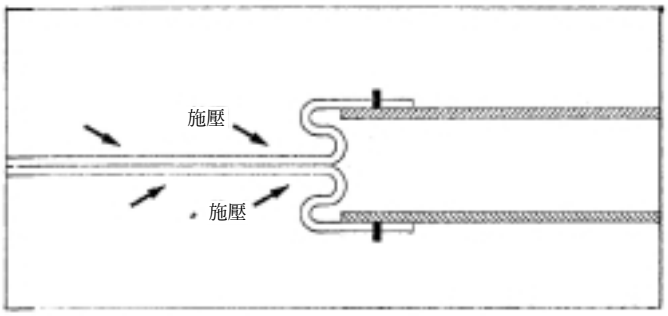
1. 現代都會區由於人口密集，交通繁忙，建築物櫛比鱗次，地下管線系統複雜，開挖施工汰換舊漏水管，對都市環境衝擊甚大，免開挖管線施工法提供了避免挖掘回填施工的新思維，其優點爲工期縮短，減少環保問題，降低社會成本，符合整體經濟效益。
2. 利用CIPP工法應用於自來水輸配水管的維護修繕，使用範圍大，自管徑300 mm至 1200 mm 均可適用，尤其大管徑輸水管之供水層面廣，其間漏維護採CIPP工法，可於最短時間內完成並恢復供水，減少用戶缺水之不便，提升對用戶之服務。
3. CIPP的內襯材料施工性、耐蝕性佳，不影響水質，具結構強度，表面平滑C值高不減低原有流量，且內襯材料隨管線長度定製，無接頭漏水之虞，達到對水資源的有效使用而不浪費。
4. 由於自來水管爲壓力管，致對CIPP內襯管的設計理念均假設管內永遠保持壓力，在內、外壓近乎平衡情況之下，壓力內襯管線很少因外壓負載而損害，僅考慮其最主要力量來自於內壓對於內襯管材所需之阻抗張應力，以避免內襯管材受損，因此壓力內襯管不須像下水道管修繕時需以撓性模數及管壁厚度兩者提供環勁度來抵抗變形。然而，這種過於樂觀的假設卻往往忽略了自來水管線的修長、水量調配、供水量的增減、閥類另件的操作、停水等因素導致內、外壓不平衡，甚至於產生負壓情況，使得已完成之壓力內襯管極容易損傷而影響其使用年限。
5. 有鑑於此，自來水壓力內襯管的研究方向宜朝著“ 獨立管 ”的方向發展，目前一種使用環氧樹脂的現場固化內襯管技術，其使用的樹脂纖維 結合固化後，該內襯管材強度遠大於一般常用於壓力管修繕之薄內襯編 織管材，不但可抵抗內部壓力及外部負載，對於自來水舊漏管修繕後更有保障，設計者可考慮選用之。
6. 今天亞洲太平洋沿岸各國的地下管線，皆面對許多相同的問題，如：高地下水位、地震頻繁、地質不穩定等自然因素，加上管線密集，任意開 挖，使得管材本身的安全使用年限急速縮短，以過去開挖汰換的方式維 持輸水功能只造成地下管線更形複雜，相互損害的影響機會更大。而今 CIPP自來水壓力內

襯管的發展已達成熟的階段，無接頭施工大大降低了接頭間漏之風險，其免開挖之施工方式更減少擾動管線環境土壤密度影響，原管道更新方式亦能減少地下廢管的數量，有效運用地下空間。這種種的優異性都顯示出CIPP自來水壓力內襯管將是明日自來水管線更新的趨勢。

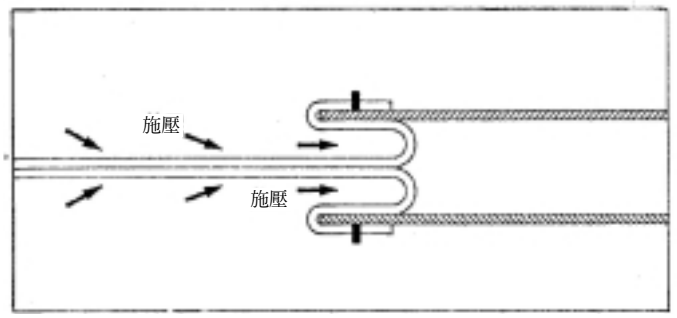
反轉方式（Inversion）施工順序圖說明：將內襯管固定於輔助管外緣，再以連續壓力將內襯管經由輔助管壓入既有管道，原有之外層變爲內層，原有內層轉爲外層。如圖一～圖三。



圖一



圖二

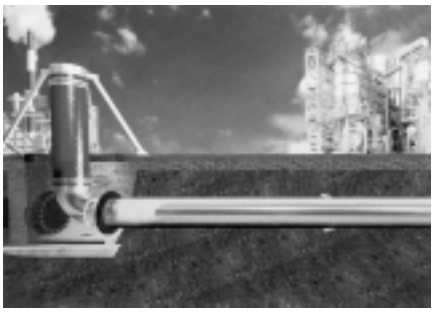


圖三

反轉施工過程說明

圖四：軟管填充樹脂，並固定於輔助管後，使用空氣或水壓力將軟管推入既有管內。

圖五：反轉過程，軟管與既有管內壁緊密貼合。



圖六：當反轉完成後，開始以熱空氣或熱水加熱固化。

參考文獻

1. Structural Design of Pipe Linings-Review Of Principles Practice And Current Developments Worldwide, No-Dig 97’ Proceeding, 1997.
2. ASTM F1216-93 Standard Practice of Rehabilitation of Existing. Pipeline And Conduits By The Inversion And Curing of a Resin-Impregnated Tube, American Society Of Testing And Material, 1993.
3. 陳耀仁等，“免開挖式配水管線修復技術運用之探討”，中華民國自來水協會自來水會刊第15卷，第二期，1996。
4. Cured In Place Lining, Trenches Technology, Guidelines, 1997.
5. Cured In Place Pipe Experience in Japan, No-Dig 96’ Conference Papers, 1996.
6. 陳邦國等，“現地成形內襯管應用市污水系統之效益分析”，城市基礎設施發展國際學術研討會論文集，杭州，1996。
7. 賴意君，“現場固化內襯工法”，中華民國地下管道技術協會地下管道季刊，May，1999。
8. 謝啓萬，“噴漿內襯工法”，中華民國地下管道技術協會地下管道季刊，May，1999。

自來水安全飲用之探討

朱健行*

一、前言

隨著文明的進步，人們知道利用各種方法，從湖泊、河川或井裡汲水，經過簡單的過濾或煮沸消毒後，再行飲用。然而自行取水消毒，總是不夠便利、衛生；因此公共供水系統的建立，供應用戶方便、衛生且適合直接飲用的自來水。歷年來自來水業者揭示「充裕的水量、優良的水質、合理的水價、週到的服務」做爲事業發展營運努力的目標。然而人民生活水準不斷提昇，對於自來水水質的要求也就愈來愈高，因此有效保育水源、改善輸配水管網，加強水壓、水質、水量之監控、並嚴格控制水質，避免供水途中的污染，以確保用戶飲用水安全。「安全飲用」之目標是自來水業者與全體員工的責任，而用戶對自來水是否生飲之選擇是用戶的權利，爲了大台北地區四百萬居民的健庚，「安全飲用」是全體用戶與本處共同之榮譽。

自來水不只是確保公共衛生，更重要性是不可忽視，因此不論在各年代中，自來水事業階是採用最新的技術，努力的方向是探討水質的衛生與否及水量的確保，亦爲自來水界前輩努力的目標。

清朝劉銘傳將軍撫台，爲改善台北市飲水，在市區內開鑿水井過濾消毒供公眾飲用，爲本市公共給水之發軔。提供安全的飲用水常是建設上最大的課題，如今爲了有良質可口的飲用水，更是從遠方之水源供應到都會區，如此更顯示研發導輸配水技術的重要性，然而受經濟因素考量必須配合期程的擴建而推展，以促使安全飲用水的正常提供。

二、自來水不信任的增加 (3)

2.1以往水質污染處理方法

歷史上，在歐洲產業革命，或日本明治時代，赤痢或霍亂的水媒感染症死亡率急劇增加，皆因爲是人口集中，水質嚴重

*台北自來水事業處監控中心工程員

受污染之因素，探討其發生原因必需是從微生物學觀點來看，以往由於飲用水技術尚無法取得與確保，因此習慣上採用煮沸方式消毒，自來水只好從生活習慣上強調加強過濾水殺菌處理。

二次大戰前後，科學家已能從微生物學觀點導入，提供安全飲用水且穩定的供應淨水處理程中，由於混凝、沈澱、過濾自來水處理普及化的結果，促使都市人口的集中，也促成產業結構從第一次產業革命，迅速進入第二次產業革命，並加速其有利於各自來水業者的轉型。

2.2高級淨水處理之推展

如今，現代都會區人口聚集，而且生活品質的提昇，生活用水的需求量急劇增加，加以原水量的不穩定，因此爲了確保水量的穩定，水循環利用的研究正努力進行中，加上各種污排水流向公共用水流域之因素，促使各質優量豐的水源大量縮減，加上爲了取得更安全的自來水之處理技術，國外許多大規模淨水場，採用臭氧（O3），活性炭處理，甚至高級淨水處理，或是小規模淨水場採用膜（membrane）的處理技術，也如火如荼的推展。因此從古代到現代的各時代中，安全的飲用水成爲有利於生活用水的確保，故自來水是針對國民健康的維持與都市機能效率化，充分且必要之條件。目前已開發國家水處理技術之發展，已能達到消費者之要求，並非誇大其詞。

迄今大台北都會區自來水的普及率超過99%，赤痢或霍亂等水媒感染病症，大抵皆無需掛慮，全賴自來水處供給安全的自來水，然而用戶針對自來水是否能安全飲用之疑慮以及不安全感，雖經自來水處強力解釋，並沒有消除，反而是不信任感的逐漸萌生，此種不正常的情形是無法否認的。

2.3飲水調查 (4)

產官學界，多年來對用戶作水資源意識之調查報告書，可看出自來水的生飲用水比例並不高，若干階層人士皆採用自來水煮沸，或是使用過濾器才飲用，而且飲用瓶裝飲料水與礦泉水的比例逐年增加。

根據調查自來水不採直接飲用之理由是「爲了安心起見而不直接飲用自來水」「不夠美味」「臭味的感覺」此三項目合計佔全部調查原因之80%，而對自來水不信任感之主要理由是對水質沒有信心，而且消費者對水之資訊來源期望，尤其是對飲料水水質的關心佔85%，水源之水量、水質或缺水之資訊比例，也相當關心。

2.4影響健康之微量生成物

雖然自來水的氯氣是對自來水安全的保証，但是強烈氯氣臭味與原水水質的惡

化或水質事故常令人不安，尤其是預測各種可能不安全情況下，常提出導致致癌物質之可能性，其中有關三氯甲烷有害健康的副生成物產生，即使是在自來水中僅微量暴露，直接提供市民飲用，可能影響健康危機，此亦爲許多消費者對自來水感到此微不安全感之理由。

日本在84年3月之「生活環境審議會答辯」中，提出安全自來水的供給，自從1925年自來水服務用戶的目標公布，自來水業者已開始導入高度淨水處理技術；近年來本市與世界各國相同，深深恐懼自來水污染事故之發生，避免新興病原微生物集體感染症，可能發生之問題不可小看；因此加強自來水淨水場績效評鑑制度，全天候掌控原水，淨水處理流程，以及淨水場出水及輸配水系統之水質狀況的檢驗。

2.5廣告訴求

消費者常飲用的瓶裝飲料水，常以安全及美味爲暢銷的廣告訴求；而自來水卻不可避免氯氣臭味的發生，因前者是來自水質變化較少之河川原水，而瓶裝水工廠生產線以1公升左右的少量單位製造瓶裝水，加上許多商品是以品質保証爲廣告訴求，構成市場上競爭的利器。

比較來看，自來水必須依據水質基準來確保飲用水安全度，設定淨水處理單元操作之目標是針對有關水質變動大之河川水、湖沼水及表流水，而水質檢查必須包括每日檢查濁度、色度、餘氯等數種項目，而其他項目是每月一回，或每年數回之檢查頻度；然消費者所關心之原料（原水）與成品（自來水）的品質管理，恐懼感與日俱增，因此必須小心的處理。

三、 危機管理之議論(2)

3.1水質指標

然而，當水源未達到環境基準時，爲了國民的安全，自來水必須強化供水之品質。換言之，「WHO」（世界衛生組織）之飲料水水質指標（quide line）是考慮每人皆能飲用，安全的自來水水質；因此，自來水業者是應有確切之對策。

首先是探討自來水之原料，即良質的原水水質，各項目指標之確立，何種化驗是優先加強之重點課題，其次是原水水質考慮經由淨水處理系統績極的改善；此種狀況是依照水質管理目標之現行基準，例如大腸菌群等之指標，由於細菌是看不見的，面對新的氯性強之病原性原虫或病毒等，需作更新的病原微生物之消毒，因此控制對象的再擴大，是有必要的；同時經加氯處理之副生成物，需有效控制的執行，採用協商（trade-off）之方式，綜合雙方之危機評價，而有關淨水處理之危機控制目標，新的觀點可確立自來水危機管

理意識，當然若有不同的見解亦是必然的。

現行之餘氯處理和一般處理，即所謂高度淨水處理技術，當面對新的設定危機管理目標，若無法達成判斷確立的場合時，則新技術除了氯氣以外，考慮可替代之消毒劑，則氯化劑淨水處理系統之導入，亦必須作一番檢討。

3.2有效消毒劑

國外自來水界替代消毒之氯化劑有O3、氯胺、二氧化氯、紫外線等皆可減少三氯甲烷之有機氯化合物。有關臭味之對策，原水內若混入有害物質，例如農藥等的分解，即必須積極應用有效的消毒劑。

當然若能導入高度處理技術與設備，將大幅的改善淨水設備，是爲達成未來的必要需求，在資金充足之下，亦是一項最佳之規劃，則可替代消毒、氯化劑之使用，針對目前系統最適處理方案之改變與否，則端視經濟上是否佔優勢，此亦須詳加考慮。

3.3資訊公開

近年來網際網路的大量發展，國際間有關環境保護與生活用品之健康影響，即所謂影響生態危機之資訊將越來越多，網路資訊的公開，則用戶更容易掌握自來水品質之資訊，而生活環境之現況與危機水準，冷靜判斷與預測則降低危機頻率，使自來水確保生命體需求，與各用戶適應之生活形態；這些皆是自來水業者所必須考慮而細心的處理。

四、 最新技術之處理程 (5)

即將邁入21世紀之自來水事業，應接受這種趨勢，從自來水水中檢測出來之微生物或化學物質對人體健康之影響，其相關資訊常呈現多樣化，自來水事業者必須主動積極向消費者說明：自來水水質的安全性、自來水水質基準已強化，並強調各種類型之頻度檢驗是絕對必要的。

在此種情況下，自來水業者對水源之狀況與水質特性需全面的掌控，爲了安全性的確保，監視是必要的，且設定水質項目，強化監控處理過程，有效掌控最適處理系統重視安全之對策，並有效強化處理過程，促使消費者能對自來水詳加了解。用戶若能信服自來水界的努力，則自當飲用自來水，未來新技術的加入，亦需要資訊廣範的宣導傳遞，此亦爲現今努力之目標。

五、 努力方向

目前台北自來水事業處，在上層長官的努力督導下，亦投入此項「自來水高品質化」之挑戰中，其面臨之困難與努力之

方針，亦可提供參考。

5.1確保水質安全與水量充沛 (6) (1)

該處爲因應「飲用水管理條例」之公布實施，積極推動淨水處理相關技術之研發，並繼續推展淨水場續效評鑑制度，以便提升淨水處理技術，並確保自來水供水品質，使得供水轄區內自來水水質普遍受到用戶肯定外，更能符合國際水質標準。

5.2增強用戶用水場所水質檢驗

爲了確保供水轄區用戶飲水安全衛生，該處每月均派員至供水區內現場採樣（包括學校、飲店、公共場所及一般住家）進行物理、化學、生物性檢驗，經詳細之化驗及統計後，發覺少部份不合格者多係自來水滯留於管線與水池水塔中過久，餘氯自然消耗，然而管線中因有水壓因素，水質未受污染，不影響飲水安全衛生。

5.3擴大推行自來水安全飲用計劃

自來水並非生水，而是經過滲水處理過之清潔水（清水），自來水能否直接飲用，爲衡量一個城市是否已達先進國家生活水準的重要指標之一。該處所供應的自來水，不僅符合台北市自來水的水質標準，亦符合世界衛生組織標準，所以生飲的安全絕無顧慮。惟因國人長年習慣煮沸飲用自來水，及普遍忽略用水設備（水池水塔）定期維護，導致初期推廣生飲計畫成效不佳。

5.4具體作法 (1)

爲改善上述狀況，該處決定自本(88)年起擴大推行的安全生飲計劃，具體作法如下：

A. 由點而面階段性逐步擴大實施生飲計劃，包括（a）已營運通車之捷運站，預計88年6月底前可安全生飲，（b）各級學校、機關及公共場所，（c）新建社區及國民住宅。

B. 進一步輔導改善台北市各高中、國中及小學之配水設備及管線設施，以提升用水品質，早日達成大台北區各級學校，可全面安全飲用之目標。

C. 選擇具有代表性之公共場所，設置水質資料即時查詢系統（水質偵測站），提供連續水質監測資料，接受民眾隨時查詢相關訊息，使安全飲用之生飲計劃之資訊更加公開透明，並提供用戶更安全更安心的飲用水，且與用戶生活習慣更密切配合。

D. 該處將成立宣導服務團，直接參與社區活動，赴各級學校進行教育宣傳，示範用水設備日常維護管理之方法與常識，進而灌輸並導正國人用水習慣，並強調用戶可節省能源（電力、瓦斯）的支出，建立用戶對生飲自來水之信心及共識，務期使全體用戶均

能直接飲用自來水。

六、 結論

安全衛生可口的飲用水是用戶們所期待的，自來水業者若能提供良質量豐的自來水，成爲用戶的維生線（life line），則自來水自然是用戶最佳最便宜的飲用水，亦可解決腸病毒等疾病的擴張，在經濟環境的許可下，逐級改善淨水設備與輸配水管線，則將有助於用戶飲用自來水的信心，如此將不止是避免能源的耗費，亦是用戶健康的保証。

目前自來水營運完全是以企業方式，以及事業發展事業的原則加以經營，爲了提昇服務品質，硬體方面須擴充供水能量，改善管網系統，提高配水功能，軟體建設方面則加強電腦資訊監控系統，與自來水管線資訊管理系統；在經歷各期程之擴建以後，將再輔導改善用戶用水設備管理作業，將能提昇企業形象並增加民生福祉。

參考文獻

1. 蔡輝昇，台北自來水事業處工作報告，88年3月。
2. 朱健行，自來水危機意識與管理，自來水會刊雜誌第54期，84年5月。
3. 黃水，技術評論，水道公論，1998年9月號。
4. 張浩然，用戶給水資料管理之研究，台北市政府81年度計劃自行研究報告，81年6月。
5. 安全用水簡報，台北自來水事業處，77年8月。
6. 李泰雄，台北自來水事業處實施安全水之理念與實際，自來水會刊第38期，80年5月。

【作者簡介】
朱健行，45年10月26日生，福建福州人
台灣大學農業工程水利組學士67年畢業。
台灣大學農業工程研究所碩士71年畢業。
台灣大學土木研究所博士班研究。
陸軍工兵28期預官少尉訓練官67年至69年。
曾任台北自來水事業處配水股工程員。
現任台北自來水事業處監控中心工程員。
通信住址：台北市長興街131號監控中心。
電話：（O）02-27357350（H）02-28312691。

飲用水之管理與法規內涵

李澤民*

壹、前言

台灣地區的飲用水以自來水爲主，選擇適當水源並經妥善處理及消毒的自來水乃是民眾取用作爲飲用水最佳選擇。近年來，隨著國內經濟的快速成長與生活水準的提昇，民眾對飲用水的品質要求日益提高。然由於家庭污水、工業廢水、畜牧廢水以及垃圾滲出水未經妥善處理，造成水源水質日益惡化；更因環境快速之變遷，已使過去飲用水來源單純爲自來水或井水轉變爲多元化之用水，再加上飲水機、淨水器等普遍使用，也使得飲用水的管理日益複雜。

飲用水管理之主要法源依據爲「飲用水管理條例」，該條例首次於民國六十一年頒布施行，嗣因社會環境快速變遷，飲用水水源受污染情形日益嚴重，加上飲水機的使用情形日漸普遍及南部地區包裝水、盛裝水紛紛設立。原來的管理條例已無法有效規範，因此加以修正，並於八十六年五月二十一日經總統公布施行。修正後的飲用水管理條例，從最上游的水源保護，至中游的飲用水水源水質標準及飲用水水質處理藥劑的規範，乃至於下游的飲用水水質標準及飲用水設備維護管理均有明文規定，同時加重罰則，對我國飲用水品質管理有多重的把關。

貳、飲用水管理問題之探討

由於飲用水源的多樣化、水質污染日益嚴重，使得飲用水的管理愈趨複雜。日前飲用水管理面臨之主要問題，分述如下[1]：

一、法規制度面

（一）依飲用水管理條例的規定，我國飲用水管理之主管機關爲行政院環保署，自來水管理之主管機關依據自來水法的規定爲內政部，而自來水事業又歸經濟部管轄，此種多軌制管理方式，致使部分權責不易釐

*中技社環保科技中心

清。

（二）自來水法民國五十五年十一月十七日公布施行迄今，部分規定已無法因應實際需要（例如：自來水水源水質水量保護區之管理事權分散，未設置管理機關；高樓建築用水設備水池水塔管理及節約用水政策等均欠缺法源依據等。）影響自來水事業的健全發展。另自來水水價調整受制於民意機關，致價格結構不合理，影響自來水事業之營運。

（三）市售包裝水或盛裝水管理涉及各有關機關權責，有賴協調分工，建立聯合管理制度，並以聯合稽查方式加強包裝水或盛裝水的管理。

（四）地方環保機關飲用水管理業務人力不足，影響飲用水抽驗及督導改善工作的推動，且檢驗能力也有待提昇，應整體評估地方環保機關在飲用水管理業務人力的負荷，做合理調整並提昇檢驗能力。

二、自來水供應面

臺灣地區自來水普及率截至八十八年一月底爲90.02%，供水人口達1,970萬人，由於自來水品質與公眾飲水安全和國民健康有密切的關係，近年來水源日漸受到污染，自來水的安全性經常引起廣泛注意及討論，加上飲水機、淨水器業者誇大不實的廣告等，使民眾對於自來水水質心存疑慮。其面臨問題有：

（一）水源部分

由於自來水水源水質水量保護區管理難以落實，加上污水下水道建設落後，國民缺乏公德心，部分企業缺乏社會責任感，已使得部分原做爲公共給水水源的河川或水庫受到污染，但因水資源匱乏，部分受到污染水源仍繼續作爲飲用水之水源，如基隆河、高屏溪及東港溪受到污染以及鳳山水庫及澄清湖的優養化等影響，使基隆河、六堵及鳳山水廠處理過程加氯過量，產生自來水味道的問題，使民眾對自來水水質產生疑慮。以大高雄地區的水源污染爲例，說明如下：

1. 高雄、屏東工縣畜牧業發達，廢水管制未能落實，而境內之高屏、東港二溪爲大高雄地區之主要自來水水源，然受畜牧廢水（約佔六0%）嚴重污染，雖在農政及環保單位積極輔導管制之下，畜牧廢水污染已有所改善，惟水質仍無法符合公共給水水源之標準。
2. 供應大高雄地區主要自來水水源——澄清湖因遭受污染，產生優養化現象，藻類大量繁殖，增加淨水場原水處理用氯量，影響飲用水之安全。
3. 污水下水道系統工程建設落後，尤以高屏及東港兩溪流域沿岸城市尚未建立污

水下水道系統，家庭污水造成之污染亟待解決。

（二）水質部分

目前自來水水質待改善問題可歸納如下：

1. 臺灣地區所使用自來水水管尚有部分管線老舊，致使管中積垢而有紅水現象。
2. 由於原水遭受污染，藻類大量繁殖，增加淨水場原水處理用氯量，並有微臭味。
3. 我國淨水場採快濾處理，加氯消毒產生三鹵甲烷，有致癌性之疑慮。
4. 部分地區之自來水於煮沸後，常會在器壁上留下白色碳酸鈣、碳酸鎂沉澱物，造成口感不佳，但不影響人體健康，是否需要軟化處理仍待評估。
5. 自來水用戶之蓄水池、水塔等自來水輸儲設備，由於管理不善疏於清理，或因蓄水池設置位置不當及用戶水管老舊且使用不良管材等諸多問題，亦爲造成水質污染原因之一。

三、處理技術面

部分地區自來水淨水場傳統處理程序功能有限，例如加氯消毒及適飲性等問題，有待提昇淨水處理技術及設備，以改善自來水水質。

四、大衆教育面

（一）民眾對於自來水水質不信任，寧可相信市面賣水業者或淨水器業者誇大不實廣告。

（二）飲水機、淨水器等飲用水設備設置者未定期清洗維護及更換濾材，以致維護清洗不過，造成飲用水設備水質抽驗不合格率偏高，影響飲用水安全。

（三）簡易自來水、山泉水、飲用水井等供飲用之非自來水大部分未妥善處理及消毒，水質不合格率偏高，民眾多不自覺。

（四）民眾缺乏防止自來水二次污染及正確安全飲用水的知識及觀念，造成自來水間接供水不合格率偏高，影響飲用水安全。

參、飲用水管理對策

飲用水係指供人飲用之水，其來源包括自來水、簡易供水（如山泉水、飲用水井等）、飲水機、包裝水或盛裝水（如礦泉水、包裝飲用水、桶裝水、車載水、市售投幣式賣水機等）。由於水源的多元化，使得飲用水的管理愈趨複雜，其管理對策依環保署擬具之改善策略，經整理如下[2]：

一、做好水源保護及污染改善工作

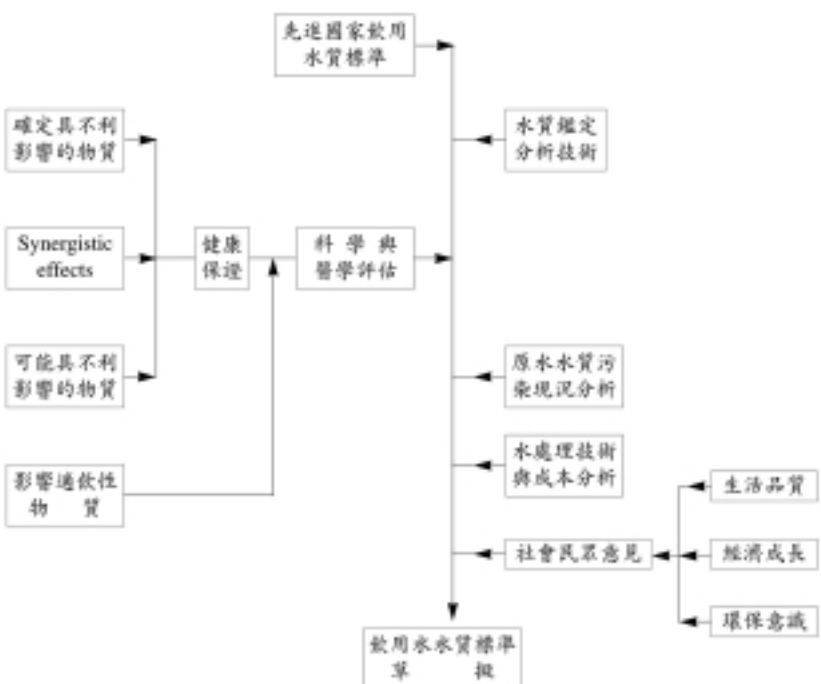
保護飲用水水源爲提昇飲用水品質的

治本之道。因此，依飲用水管理條例規定，環保主管機關應劃定飲用水水源水質保護區，加強稽查取締非法砍伐林木或開墾土地等十二項污染行爲，並訂定飲用水水源保護實施方案，加強各執行單位的協調分工，以落實水源保護工作。

「飲用水水源水質標準」訂定之目的，除了對飲用水水源中可能出現之污染危害產生預警功能，並可與「飲用水水質標準」共同對飲用水的安全性把關。屆時水源水質不符合飲用水水源水質標準者，將禁止作爲飲用水水源。除非取水者能依「飲用水水源水質改善計畫書審核作業要點」，提出替代水源、淨水處理或原水前處理改善計畫書，增加或改善處理設施及流程，並經中央主管機關核准始得繼續使用該水源，以促進國內淨水處理設施之更新及技術提昇。另以地面水體或地下水體作爲社區自設公共給水、包裝水、盛裝水及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備之飲用水水源者，其水源水質亦需符合飲用水水源水質標準，始得作爲飲用水水源。

二、供飲用之水應符合飲用水水質標準

飲用水水質標準關係國民健康至鉅，宜全國一致。水質標準之訂定宜參酌先進國家頒佈之飲用水水質標準，探討其制訂標準之背景及沿革，並就國內環境背景資料，人體健康的影響性，水質鑑定分析技術可行性及經濟性，並調查消費者付費意願等綜合分析，探討擬定適合國情飲用水水質標準，其詳細流程示如圖一。



圖一 飲用水水質標準訂定之系統流程圖(1)

自來水加氯消毒及其副產物是民眾最爲詬病的問題，亦是常被飲水機、淨水器或賣水業者大作不實廣告的題材，飲用水水質標準中，與加氯消毒有關之管制項目總三鹵甲烷列爲影響健康物質一類中，並將管制標準值訂爲〇．一毫克／公升，其致癌風險僅爲百萬分之一以下，與先進國家之標準值一致。未來應密切注意美國、日本等國家飲用水水質標準是否有作修正，尤其消毒副產物部分，如果總三鹵甲烷的標準值加嚴或增訂其他消毒副產物的標準時，我國亦應同步修正飲用水水質標準，以保障民眾飲用水的安全。

三、飲用水設備應定期維護管理

目前市售之飲用水設備種類繁多，且飲用水設備之維護亦屬專業技術，由於設備設置者對於飲用水設備之專業性不足，且大多數飲用水設備設置單位無專責人員負責此業務，故其維護多委由設備販售商提供服務，但在認知與經費皆不足之情形下，飲用水設備之維護工作並不嚴謹，根據環保機關以往抽驗結果，學校及一般公共場所飲水機水質之不合格率超過二成五以上，其原因大多因爲飲水機未定期清洗維護或更換濾心，以致總菌落數等逾越標準，亟待改善。

根據調查研究，飲水機使用二週至一個月後便需清洗維護一次，否則微生物項目難以符合飲用水水質標準中總菌落數每毫升一〇〇CFU及大腸桿菌群每一百毫升六CFU之規定。

因此，飲用水管理條例規定，公私場所設置供公眾飲用之飲用水設備者，應依「飲用水設備維護管理辦法」定期維護、檢驗水質，並公布水質狀況。又若屬指定公告之公私場所者，另需申辦飲用水設備設置登記及定期申報維護及檢驗紀錄等，以確保飲用水之安全。

四、飲用水水質處理所用藥劑應符合規定

隨著台灣地區水源水質日趨惡化，淨水處理程序所使用藥劑也漸趨複雜而多元，由於水質處理藥劑種類繁多，品質不一，可能與水中存在物質作用而產生複雜的衍生物（如三鹵甲烷）或殘餘藥劑（如鋁）及有害性不純物質（如重金屬）等，而造成飲用水之安全衛生及適飲性等問題。又市面上常出現需添加各種藥劑飲水機、淨水器，並強調可活化人體細胞、提高人體存氧量及治病療效等誇大不實廣告。因此，飲用水水質處理藥劑之管理爲重要之一環

五、落實包裝或盛裝飲用水之管理

民眾購買包裝水或盛裝水日益增多，尤其以高雄地區賣水情況最爲普遍，市售包裝水或盛裝水，到處可見，惟水源水質

之良窳對民眾飲用水安全影響甚鉅，需加以管理。由於包裝水或盛裝水管理涉及各機關權責，依飲用水管理條例第二十八條之規定及行政院消費者保護委員會之會商結論：包裝水或盛裝水管理由直轄市、縣（市）政府採聯合稽查方式管理，各單位管理權責分工如下：

（一）包裝水或盛裝水水源之水質管理，由環保單位依飲用水管理條例之規定管理。

（二）包裝水或盛裝水除水源之水質外，其容器、包裝與製造過程之衛生、標示、廣告及水質之查驗，由衛生單位依食品衛生管理法之規定管理。

（三）包裝礦泉水、包裝飲用水之中國國家標準（CNS）由經濟部中央標準局負責訂定，包括接受製造工廠申請正字標記等事宜。

（四）食品製造優良工廠規範（FGMP）由經濟部工業局負責辦理，包括標準的訂定及接受製造工廠的申請等事宜。

（五）工廠登記、商業登記、水權登記之管理，由建設（工務）單位及水利主管機關依商業登記法、營利事業統一發證辦法、公司法、水利法及台灣地區地下水管制辦法等相關法令之規定管理。

（六）包裝或盛裝飲用水之運輸及佔用道路騎樓營業等交通問題之管理，由警察單位依道路交通管理處罰條例之規定管理。

（七）有關包裝或盛裝飲用水業者稅捐之核課，由建設、稅捐單位依營利事業登記規則、營業稅法、稅捐稽徵法等相關稅捐法令之規定管理。

爲落實管理包裝或盛裝飲用水水源水質，將分爲兩方面來管理：一方面由業者主動依環保署公告之「包裝或盛裝飲用水水源水質檢驗證明書中請核發作業要點」申請水源水質檢驗證明書，另一方面由各級環保單位主動稽查其水源水質，以保障消費者安全。

六、加強飲用水水質抽驗並限期改善

爲確保飲用水水質，環保機關應每月定期抽驗自來水、簡易自來水、飲用水井及飲水機等水質。對於抽驗水質不符合飲用水水質標準者則依法處分，並通知供水或管理單位限期改善，並建檔持續追蹤列管複查。

七、做好間接供水及簡易自來水等供飲用之非自來水管理

自來水間接供水水質不合格率偏高之主要原因係自來水的二次污染所致。而自來水常見的二次污染中又以水塔、水池所

產生污染最爲嚴重，包括蓄水池、水塔的位置設置不當，功能構造不足，操作使用不良，維護管理不善及水池、水塔容量過大等問題。爲改善間接供水之自來水水質不合格率偏高的情形，環保單位如抽驗間接供水之自來水水質不合格時，除應通知該用戶加強水池、水塔之清洗維護外，同時函請自來水事業單位依自來水法之規定督促用戶改善用水設備，以有效改善間接供水之自來水水質。此外，環保署亦編緝「安全飲用水手冊」及宣導摺頁分送各界免費索取，並製作廣播短劇及插播短片於廣播電台及電視等大眾傳播媒體宣導，提醒民眾避免自來水二次污染，以建立安全飲用水正確的觀念與認知。

供飲用之非自來水問題方面，由於簡易自來水、山泉水、飲用水井等非自來水並非直接可作爲飲用水，通常需經處理或煮沸後才可作爲飲用水。對於水質不符合飲用水水質標準之地區，協調自來水事業單位優先辦理接用自來水，逐年提昇自來水普及率。此外，環保單位應加強勸導民眾已裝設消毒設備之非自來水系統應確實加藥消毒，未裝設消毒設備者，應煮沸後才可以飲用切勿生飲等，以強化相關宣導工作，建立民眾正確飲用水觀念。

肆、飲用水管理條例之內涵

修正後之飲用水管理條例（以下簡稱本條例）共分六章三十一條，包括總則、水源管理、設備管理、水質管理、罰則及附則等。其基本架構請詳圖二，重要規定分述如次：

一、管制規定

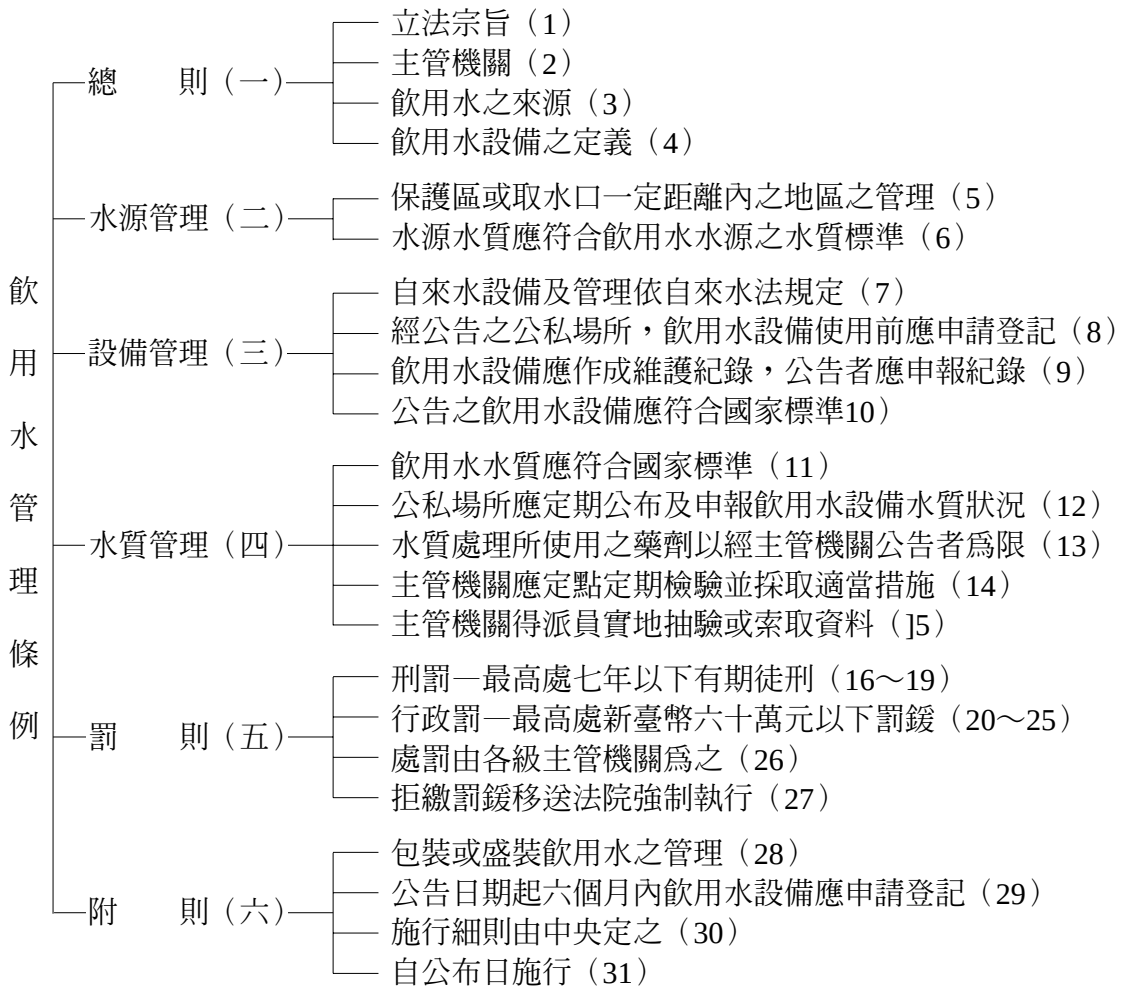
有關飲用水之管理主要包括水源管理、設備管理、水質管理及包裝或盛裝飲用水之管理，其相關管制之規定，分述如次[3][4]：

(一) 水源管理

有水源污染行爲管理與水源水質管理，說明如下

1.水源污染行為管理

本條例第五條規定，在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。同時規定環保機關於本條例公布後一年內擬訂公告飲用水水源水質保護區之範圍及飲用水取水口之一定距離。迄88年6月底，各級環保機關已公告南化水庫等49處水源水質保護區與新埔淨水場等37處取水口之一定距離，面積計約7萬5千多公頃（詳細請洽環保署水保處第一科）。在上述地區內明文禁止非法砍伐林木或開墾土地等十二項污染行爲，違反者依第二十條規定處新臺幣（以下同）十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並通知禁止該行爲；經禁止該行爲而



圖二 飲用水管理條例架構圖

不遵行者，再做第十六條規定處一年以下有期徒刑、拘役，得併科新臺幣(以下同)六萬元以下罰金，因而致人於死（重傷）者，處七（五）年以下有期徒刑，得併科三十（十五）萬元以下罰金。

十二項污染水源水質之行爲係指：

（1） 非法砍伐林木或開墾土地。

（2） 工業區之開發或污染性工廠之設立。

（3） 核能及其他能源之開發及放射性核廢料儲存或處理場所之興建。

（4） 傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、土石、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質之物品。

（5） 以營利爲目的之飼養家畜、家禽。

（6） 新社區之開發。但原住民部落因人口自然增加形成之社區，不在此

限。

（7） 高爾夫球場之興、修建或擴建。

（8） 土石採取及探礦、採礦。

（9） 規模及範圍達應實施環境影響評估之鐵路、大眾捷運系統、港灣及機場之開發。

（10）河道變更足以影響水質自淨能力，且未經主管機關及目的事業主管機關同意者。

（11）道路及運動場地之開發，未經主管機關及目的事業主管機關同意者。

（12）其他經中央主管機關公告禁止之行爲。

另有關飲用水源水質保護區範圍之劃定原則，依施行細則（以下簡稱細則）第十二條規定如下：

（1） 供飲用水水源且經公告爲甲類水體之集水區稜線以內所涵蓋之地區。

（2） 供飲用水水源之已興建或計劃興建水庫大壩以上集水區稜線以內所涵蓋之地區。

同時爲落實水源水質之保護，環保署同意由地方政府自行依水體水質及管制人力、經費等執行面考量，引用不同法令進行分區分級管制，如總量管制與較嚴排放標準之管制等。

2.水源水質管理

本條例第六條規定，地面水體及地下水體符合飲用水水源之水質標準者，始得作爲飲用水之水源；但經中央主管機關核准者，不在此限。同時授權由中央主管機關訂定「飲用水水源水質標準」。不符合該標準者，除經中央主管機關核准，取用不符合標準之水作爲飲用水水源，依第二十一條可處六萬元以上六十萬元以下罰鍰，不遵行者同前項可處以刑罰。

「飲用水水源水質標準」環保署已公告，並自八十七年五月二十一日起施行，其規範對象包括：

（1） 自來水

（2） 簡易自來水或社區自設公共給水

（3） 包裝水

（4） 盛裝水

（5） 公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備。

其中社區自設公共給水設備及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備之定義如下：

（1）社區自設公共給水設備

細則第五條規定，社區自設公共給水設備係指由社區開發單位自行設置並管理，或設置後交由社區管理委員會管理，以供應社區飲用之取水、貯水、導水、淨水、輸水或配水設備及水井，且其每日供水量在一百立方公尺以上者。

前項社區，係指其規模可容納五百人以上或總計一百戶以上居住，並於飲用水

水源水質標準施行後取得建築物使用執照者。

前項人口計算基準，以每人使用三十平方公尺之樓地板面積計算。

(2) 公私場所供公衆飲用之連續供水固定設備

細則第六條規定，公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備，係指公私場所以管線輸送固定水源並能連續處理及連續供水之飲水機，或將其處理後之水以管線輸送至飲水檯供人飲用之出水裝置。（但無管線輸送固定水源之開飲機或其他以容器盛裝之供水設備，不屬連續供水固定設備。）

另簡易自來水業經環保署公告，其定義如下：

簡易自來水係指取用地面水體或地下水體，未經處理或經簡易淨水處理後供人飲用之水，其用水人數達五百人或供水戶數達一百戶以上，且每日供水量在一百立方公尺以上，非屬本條例第四條所稱社區自設公共給水設備及自來水事業之供水系統所供應之飲用水。

前項人口計算基準，以每人使用三十平方公尺之樓地板面計算。

至於因天災或其他不可抗力事由，造成飲用水水源水質惡化時應採取之措施，依細則第十三條規定如下：

因天災或其他不可抗力事由，造成飲用水水源水質惡化時，自來水、簡易自來水或社區自設公共給水之供水單位應於事實發生後，立即採取應變措施及加強飲用水水質檢驗，並應透過報紙、電視、電台、沿街廣播、張貼公告或其他方式，迅即通知民眾水質狀況及因應措施。

（二）設備管理

本條例第八、九、十二條規定，公私場所設置供公眾飲用之飲用水設備者，應依規定維護、檢測及公布水質，並作成紀錄。其屬中央主管機關指定公告之公私場所設置飲用水設備者，並應於使用前申請登記及定期申報相關紀錄。如飲用水設備所供應之水，經環保機關抽驗水質不合格者，依第二十四條規定處六萬元至六十萬元罰鍰，並通知限期改善，屆期未完成改善者，按日連續處罰，情節重大者，禁止供飲用。此外，未作成維護紀錄、未公布水質狀況、違反「飲用水設備維護管理辦法」規定者或指定公告之公私場所未申請登記或定期申報紀錄者，依第二十三條規定，處一萬元以上十萬元以下罰鍰。其申報不實或虛僞記載時，依第十七條規定，處三年以下有期徒刑或併科六萬元以下罰金。

「飲用水設備維護管理辦法」（以下簡稱本辦法）規範之對象，包括社區自設公

共給水設備及公私場所設置供公眾飲用之飲用水設備。其重要規定摘要如下：

1. 所有公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備及社區自設公共給水設備之設置者或管理者，應負起下列五項管理責任：

（1）維護：每月至少自行或委託維護一次，維護的內容並未限定，可以是更換、清洗濾心、濾材或濾料、消毒機台、管線或其他維護等。（本條例第九條及本辦法第六條）

（2）檢驗：應每隔三個月委託環保署許可之環境檢驗測定機構檢驗處理後的水質狀況，檢驗的項目爲大腸桿菌群及總菌落數兩項，檢驗的比例爲所有合數的八分之一，未滿一台者以一台計，且應採輪流並迴避而前已完成檢驗設備之方式辦理，若該台飲水機或飲水檯僅有熱水出口，且其出水溫度維持於攝氏九十度以上時，則該台飲水機或飲水檯處理後水質得免檢驗大腸桿菌群及總菌落數；而該台飲水機或飲水檯若不是以自來水爲水源者，則其水源水質應每隔三個月增加檢測硝酸鹽氮及砷兩項，且若連續一年符合水源水質標準者，自次年起，改爲每隔六個月檢驗一次水源水質。（本條例第十二條及本辦法第七、八條）。

（3）紀錄：前述維護內容及水質檢驗狀況，應詳細記錄在「飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表」，紀錄及相關檢驗資料應保存二年備查。（本條例第九、十二條及本辦法第六、七條）。

（4）公布：應將前述「飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表」公布張貼於飲用水設備的明顯處。（本條例第九、十二條及本辦法第十一條）。

（5）管理水質：依前述規定，辦理飲用水設備水質狀況檢驗，若發現水質不符合飲用水水質標準時，該飲用水設備管理單位應即依序採取下列措施（本辦法第十條）：

①關閉進水水源，停止飲用。

②懸掛「暫停使用」告示警語。

③進行設備維修工作。

④定期檢驗結果知悉水質不符合飲用水水質標準後三日內向所在地主管機關申報水質檢驗數據。

⑤公私場所在完成前項維修工作後，應再進行水質複驗，其若已符合標準者，應檢具符合飲用水水質標準之證明文件向所在地主管機關報請查驗，完成改善後，始得再供飲用。

2.指定公告之公私場所設置供公眾飲用之連續供水固定設備者，除應辦理前列五項工作，另應增加辦理下列兩項：

（1）登記：受指定公告之公私場所應於指定公告之日起六個月內，檢具規定之相關文件，同所在地之直轄市或縣（市）環保主管機關申請登記使用飲用水設備後，由環保機關發給「登記使用證明」，並將其張貼於設備明顯處後，始得使用。（本條例第八條及本辦法第三、四、五條）。

（2）申報：指定公告之公私場所應每隔三個月向所在地之直轄市或縣(市)環保主管機關申報前述「飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表」影本。（本條例第九、十二條及本辦法第十二條）。

（三）水質管理

1.飲用水應符合飲用水水質標準

本條例第十一條規定，飲用水應符合飲用水水質標準，並授權由中央主管機關統一訂定飲用水水質標準。供公眾飲用之飲用水水質，違反此標準者，依第二十四條可處六萬元以上六十萬元以下罰鍰，並限期改善，屆期仍未完成改善者，按日連續處罰；情節重大者並禁止供飲用。經禁止供公眾飲用而不遵行者，同前所述可處以刑罰。

「飲用水水質標準，業經環保署於八十七年二月四日公告實施，管制項目多達五十四項，其中新增二十二項，加嚴十一項，並適度提昇標準值。爲給予供水單位改善期及顧及離島水源特殊情況，乃將濁度、色度、砷、自由有效餘氯、氨氮、氯鹽、pH值等七項標準值分成二階段施行（第二階段自民國八十九年十二月一日起施行）。另爲因應國人對飲用水品質要求之提高，飲用水適飲性問題必需加以重視，總硬度爲其中影響要項之一，硬水加熱煮沸後會產生沈澱物，形成水垢，民眾會有水質不良的印象，且喝水時的口感不佳，因此，亦配合修正標準值，以改善飲用水品質，但考量供水單位若干淨水場因地質關係，硬度及總溶解固體量較高，必須重新檢討現行或新增處理設備，才可達到管制標準，乃將總硬度及總溶解固體量兩項標準值分成三階段施行，在第三階段自民國九十二年七月一日起總硬度及總溶解固體量之標準值分別爲一五〇毫克/公升及二五〇毫克/公升，以提昇飲用水品質。

「飲用水水質標準」規範對象適用於本條例第四條所定飲用水設備供應之飲用水及其他經中央主管機關指定之飲用水，但包裝水及盛裝水除外。

2.飲用水水質處理藥劑管理

本條例第十三條規定，飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關指定公告者爲限。違反者依第十八條可處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科六萬元以下罰金。環保署已依授權分別公告飲用水水質處理藥劑，一般規定事項及指定公告臭氧等十九種藥劑，爲飲用水水質處理藥劑，以落實飲用水水質處理藥齊管理。

自來水供水單位除取用之水源應符合飲用水水源水質標準，處理後之水質應符合飲用水水質標準外，對於淨水處理過程中所使用的藥劑亦應符合公告飲用水水質處理藥劑一般規定事項。未經環保署指定公告之藥劑，不得使用於飲用水水質處理中，應依「飲用水水質處理藥劑申請指定公告作業要點」向環保署提出申請，經環保署指定公告後，始得作爲飲用水水質處理所使用之藥劑。

(四) 包裝或盛裝飲用水之水源水質管理

本條例第二十八條規定，供販賣之包裝或盛裝之飲用水，其水源之水質管理，由環保機關依本條例規定管理；至於包裝或盛裝之飲用水，其容器、包裝與製造過程之衛生、標示、廣告及水質之查驗，由衛生機關依食品衛生管理法之規定管理。

包裝飲用水，依細則第二十條係指包裝礦泉水、包裝蒸餾水、包裝純水或其他以密閉不可復原方式包裝之飲用水。而盛裝飲用水，依細則第二十一條係指車載水、桶裝水、加水站供水或其他以非屬於密閉不可復原方式包裝之飲用水。

有關飲用水管理之重要規定，經整理如表一。

二、違規之處罰

對違反本條例規定或本條例所發布之命令者，視其情節輕重，分別處以行政罰或刑罰。行政罰最高可處新臺幣一百萬元以下罰鍰；刑罰最高可處七年以下有期徒刑，得併科新臺幣三十萬元以下罰金。其處罰條件、適用條文及罰則，經整理如表二及表三。

伍、結語

飲用水爲每日生活所必需，飲用水之管理，除加強上游集水區經營與管理，水質水量保護區各項污染源之管制與建立補償制度外，並應做好飲用水設備維護之管理及飲用水水質管理等工作，因此，唯有經嚴謹的規劃，訂定具體可行之管理對策並建立健全的法規與管理體制，經由政府各相關部門充分協調合作共同落實推動，並教育民眾有正確的用水認知，防止飲用水二次污染，定期清洗家中蓄水池、水塔等，乃能確保飲用水清潔、安全、衛生及可口，達成提昇公眾飲用水品質，維護國民健康之目標。

陸、參考文獻

（一）葉俊宏、阮國棟，「我國自來水水質管理策略與未來研究發展趨勢」，第十屆自來水論文發表會論文集，中華民國自來水協會，民國八十二年。

（二）八十六年飲用水品質分析及改善策略檢討，行政院環境保護署第十十五次環境品質諮詢委員會會議資料，行政院環境保護署，民國八十七年。

（三）爲飲用水安全把關——飲用水管理條例簡介，行政院環保護署，民國八十七年。

（四）鄭顯榮，飲用水管理法規及實務，行政院環境保護署，民國八十七年。

表一 飲用水管理重要規定一覽表(4)

管制點	管制對象	適用法規	管制措施
●水源區	污染之行爲人	1. 飲用水管理條例第五條。 2.水污染防治法。	1.劃定飲用水水源水質保護區及取水口一定距離。 2.禁止十二項污染行爲。
●原水進入淨水處理設備之前	取水作爲下列水源者： 1.自來水水源 2.簡易自來水水源 3.社區自設公共給水水源 4.包裝水水源 5.盛裝水水源 6.飲水機水源	飲用水水源水質標準之主要內容： ●採樣地點有規定。 ●不可抗力得令前三種水源暫時不適用本標準。 ●前二種水源之檢驗以六次平均值爲判定依據，水質項目共十項。 ●第三至第六種水源之水質標準計五十項，比照飲用水水質標準。	1.符合飲用水水源水質標準者始得作爲水源，但經中央主管機關核准者，不在此限。 2.87年5月21日飲用水水源水質標準施行日前，取水單位應自行體檢水源是否符合標準，如不符合應提出飲用水水源水質改善計畫書送環保署核定。 3.飲用水水源水質改善計畫書核定後，改善期間可繼續使用該水源。 4.不符合標準之水源。各機關應配合執行水源污染改善計畫，包括污染源取締、污水下水道系統興建及水源保護等。
●淨水場內	淨水處理所使用之藥劑	公告飲用水水質處理所使用之藥劑（第十三條）	飲用水水質處理所使用之藥劑以環保署公告之藥劑爲限。
●供公眾飲用水	1.自來水 2.簡易自來水 3.社區自設公共給水 4.飲水機	飲用水水質標準。	飲用水水質應符合飲用水水質標準，違反者處新臺幣六萬至六十萬元之罰鍰，並通知限期改善，逾期未改善，按日連罰，情節重大者，禁止供飲用。
	1.包裝水 2.盛裝水	食品衛生管理法（由衛生單位執行）。	依飲用水管理條例第二十八條規定，有關包裝水、盛裝水之容器、包裝及製造過程之衛生、標示、廣告及水質之查驗，依食品衛生管理法之規定。
●飲用水設備之維護及水質管理	飲水機 社區自設公共給水設備（500人以上或I00建戶以上者）	飲用水設備維護管理辦法。	設置飲用水設備者，應： 1.依規定維護，並作成紀錄。 2.依規定檢測水質，並作成紀錄。 3.指定公告之場所另外要中請登記及申報上述紀錄。

表二 飲用水管理條例刑罰處罰規定一覽表

處罰條件	條文	罰則
有下列情形之一者： ●在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，有汙染水源水質之行爲，經禁止爲該行爲而不遵行者。 ●地面水體及地下水體不符合飲用水水源水質標準，經禁止作爲飲用水水源而不遵行者。 ●飲用水水質不符合飲用水水質標準，經禁止供公眾飲用而不遵行者。	十六（一）	處一年以下有期徒刑、拘役，得併科新臺幣六萬元以下罰金。
有上述情形因而致人於死者	十六（二）	處七年以下有期徒刑，得併科新臺幣三十萬元以下罰金。
同上因而致重傷者	十六（二）	處五年以下有期徒刑，得併科新臺幣十五萬元以下罰金。
依本條例有申部義務，明知爲不實之事項而申報不實或於業務上作成之文書爲虛僞記載者。	十七	處三年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣六萬元以下罰金。
使用未經主管機關指定公告之藥劑處理飲用水水質。	十八	處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣六萬元以下罰金。
法人之代表人、法人或自然人之代理人、受僱人或其他從業人員，因執行業務，犯上述之罪。	十九	該法人或自然人亦科以各該條之罰金。

表三 飲用水管理條例行政處罰規定一覽表

處罰條件	條文	罰則
在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，有汙染水源水質之行爲。	二十	處新臺幣十萬元至一百萬元罰鍰並通知禁止該行爲。
使用不符飲用水水源水質標準之水體作爲飲用水水源。	二十一	處新臺幣六萬元至六十萬元罰鍰並通知禁止作爲飲用水水源。
經公告指定之公私場所，設有供公眾飲用之飲用水設備者，未向主管機關申請登記，即予使用。	二十二	處新臺幣一萬元至十萬元罰鍰並通知限期補正，否則按次處罰。
公私場所設置供公眾飲用之飲用水設備者，有下列情形之一： ●未依規定維護並作成紀錄或未依規定定期檢驗水質狀況並公布之。 ●未依規定向當地主管機關申報飲用水設備維護紀錄或水質狀況紀錄者。 ●違反「飲用水設備之維護及管理辦法」。	二十三	處新臺幣一萬元至十萬元罰鍰並通知限期改善，否則按次處罰。 處新臺幣一萬元至十萬元罰鍰並通知限期改善，否則按次處罰。 （同上）
公私場所設置供公眾飲用之飲用水水質，不符合飲用水水質標準者。	二十五	處新臺幣六萬元至六十萬元罰鍰並通知限期改善，否則按日連續處罰；情節重大者，禁止供飲用。
規避、妨礙或拒絕主管機關之查驗或提供樣品、資料，或提供不實之樣品、資料者。		處新臺幣三萬元至三十萬元罰鍰並得按次處罰及強制執行查驗。

淨水場綜合性效能評估(CPE)之方法與範例探討

蔣本基[1] 張怡怡[2]

摘要

綜合效能評估（CPE Comprehensive Performance Evaluation）爲一種用來鑑定淨水廠中水質處理不良的原因之系統化技術。可以用來判斷是否能將舊有之淨水廠設備，加以妥善的利用，以期達到最佳的處理效率與效能，而不必投注大量經費添購或修正原有之淨水廠設備，以達到節省成本之目的。以綜合效能評估可發現就處理功能而言，範例淨水場處理效能穩定，經過處理程序後，傳統水質（濁度、餘氯等），以及消毒副產物THMs符合國內飲用水標準0.1mg/L，HAA_5 符合美國未來法規0.08mg/L皆能達到目前國內自來水水質標準。但範例淨水場部分單元硬體設計並不符合「台灣省自來水設施標準」。因此，當水場的原水水質變差時，或者在清水處理效果不好時，可優先對那些不符合設施標準的參數進行改進，並可進一步找出處理效能之限制因子。此外，鑒於歐美國家日趨嚴格的水質標準，範例淨水場在水源保護及處理技術提昇仍須待加強。另一方面，當消毒效率無法達到要求時，可調整加氯濃度、接觸時間和長寬比以增加C×t值以增進消毒效能，在已有的淨水場中長寬比可藉由檔板的設立來調整，在設計新水場時可藉長寬比的選擇達到較佳消毒效率的目的。

前言

國內由於在政府持續宣傳ISO 14000環境管理精神，因此也逐漸受到產業界的重視。ISO 14000國際環境管理標準制度的主要精神，旨在促使產業界以自發性的角度，建立符合企業本身特性的系統化環境管理制度；亦即以污染的預防及妥善管理爲手段，進行組織對環境的持續自發性改善爲目的。目前產業界推行ISO 14000一般通則敘述如下：

1. 系統建制準備工作：

（1）既有管理系統資料蒐集與調查；（2）認知與承諾及組織與規劃；（3）幹

1 台灣大學環境工程學研究所教授
2 台北醫學院分析化學室教授

部及全體員工之教育訓練；（4）執行先期審查之工作。

2. 實施與運作，針對重大環境考量面，執行以下事項：

（1）訂定環境政策、環境目標與標的及環境管理方案；（2）展開環境管理文件系統；（3）文件發行與管制；（4）運作管制；（5）緊急應變之演練。

3. 系統運作後之自我省察：

（1）實施內部稽核；（2）管理階層審查；（3）提出驗證申請；（4）外部稽核驗證。

綜合效能評估（CPE Comprehensive Performance Evaluation）爲一種用來鑑定淨水廠中水質處理不良的原因之系統化技術。可以用來判斷是否能將舊有之淨水廠設備，加以妥善的利用，以期達到最佳的處理效率與效能，而不必投注大量經費添購或修正原有之淨水廠設備，以達到節省成本之目的。在實行綜合效能評估時，常包含許多資料收集的行動，來決定是否能達到水處理效能重要的改進，而不需要再投注額外的資金。在替一個淨水場進行效能評估時，注意事項及程序如圖1之流程。

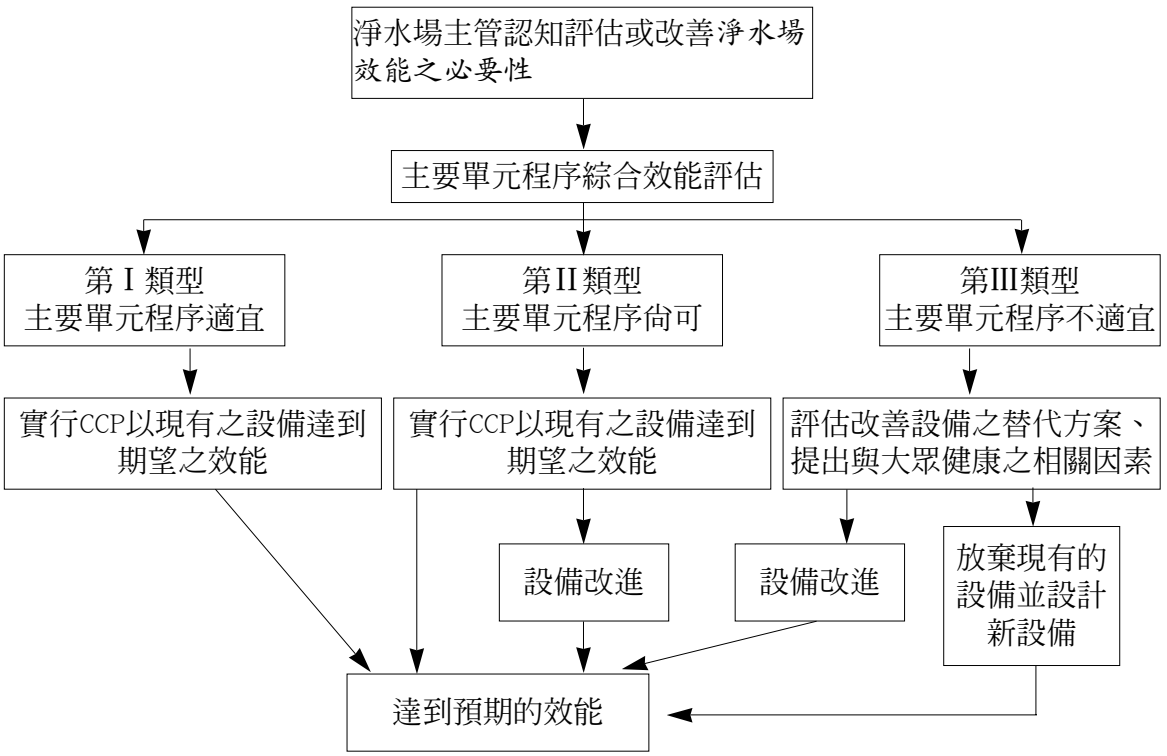


圖1 淨水場功能評估事項及程序流程

對於國內自來水淨水場處理效能之提昇、處理水質之安全性、以及整體環境績效評估（EPE，Environmental Performance Evaluation）之工作，均需要全方位的提昇。有鑑於此，本研究參照PDCA（Plan、Do、Check and Action）之精神，並結合綜合性效能評估（comprehensive performance evaluation, CPE）之方法，首先建立績效評估及系統評估之標之作業程序及評估項目，進而藉由實際之案例研究，以提供國內自來水淨水場達成國際環境管理標準之目標。

執行方法

淨水場之CPE執行流程如圖2所示，其內容包括：

1.初期資料收集：包括淨水場（1）設計；（2）維護；（3）操作；（4）效能與（5）管理等方面。此外，爲使淨水場方便填寫以及明瞭CPE內容，因此明確、統一的格式與內容爲事前工作之重點。此部份之資料，必須與淨水場事前溝通、討論，方能獲得完整、簡明之CPE固定格式。下列爲CPE之重要內容：

（一）設計資料

A. 流程圖（包括污泥處理/處置及化學加藥點）

B. 流量資料

C. 單元操作：

（1）流量量測、（2）攔污柵設計資料、（3）抽水機設計資料、（4）初沉池設計資料、（5）快混設計資料、（6）膠羽沉澱池設計資料、（7）過濾設計資料、（8）消毒設計資料、（9）消毒池水力描述（擋板）、（10）加藥機設計資料、（11）聚合物使用、（12）污泥處理/處置

D. 雜項設計資訊

（二）管理資料

A.名稱及地點、B.組織、C.人員、D.訓練、E.淨水場、F.預算/支出

（三）功能資料

A.資料來源、B.流量資料、C.供給資料、D.未計費水量估計、E.反沖洗水估算、F.原水水質、H.化學品用量

（四）操作資料

A.處理控制策略與方向

（1）何人設定主要控制策略與方向、（2）當領導處理控制的人不在廠內時，誰來作處理控制的決定、（3）當未達要求的功能時，要至何處尋找幫助（4）工作人員是否提出意見、（5）檢驗室、操作、維護間如何形成溝通

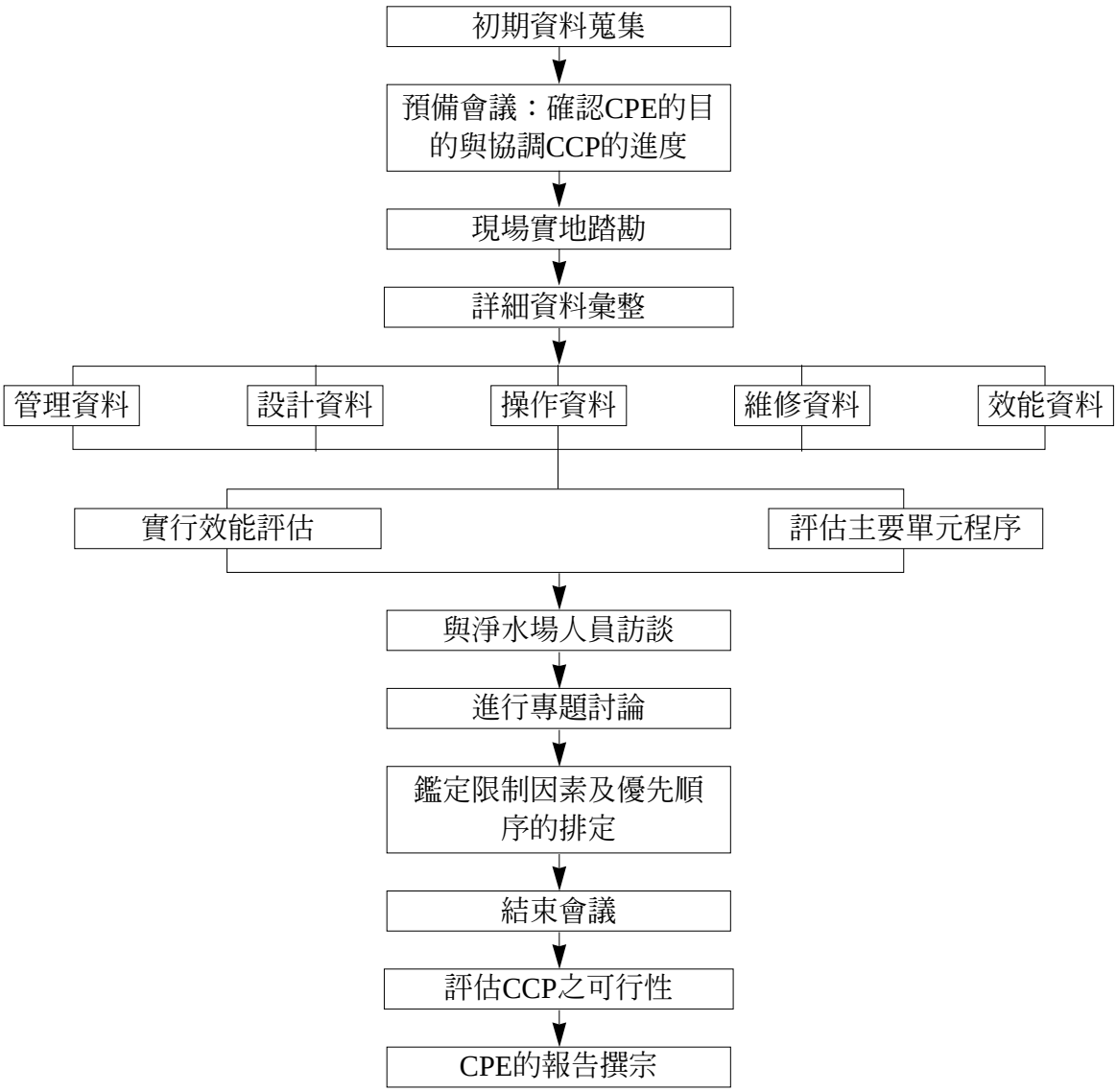


圖2 進行CPE的流程圖

B.特別的程控

（1）抽樣與測試、（2）調節池、（3）沉澱、（4）過濾、（5）混凝/濁度去除、（6）消毒、（7）口感與氣味、（8）污泥處理與解決

C.處理控制的參考文獻

（1）懷疑或明確認爲會造成不良處理控制決定或策略的來源

D.操作與維護手冊

E.檢驗室的能力

（1）品質管制、（2）EPA參考樣品、（3）重複試驗（時間表，記錄等）、（4）標準程序/參考文

獻、（5）標準方法、（6）現地特別程序、（7）訓練

（五）維護資料

A.預防保養計劃

（1）計劃描述、（2）執行進度、（3）表格登錄、（4）預算編列、（5）備品清單、（6）參考資料、（7）可利用資料來源

B.緊急事件維護計劃

（1）優先程序設置（關於程序控制設計）、（2）現場維修能力的程度、（3）啓動作業的方法（作業指令）、（4）關鍵性零件的採購（因政策、來源的限制）：

C.一般

（1）因故障而停用之設備，或待修之設備（確認設備，問題描述、停用時間、作過什麼事，尚未完成的事，維護時間的估量，影響執行的情況）

表一爲淨水場進行功能評估時所需之資料，包括前述之設計、管理、維護、功能及操作等項目，必須盡量蒐集完整，以利後續評估之進行。

表一 淨水場功能評估時所需之圖表資料

評估項目	圖　表　名　稱	內　　容
設計	淨水處理流程	流程圖（包括污泥處理/處置及化學加藥點）
	污泥產生及處理流程	
	流量設計	平均流量、最大流量、操作流量、尖峰操作流量
	流量量測	量測點、流量計形式、校正頻率
	攔污柵設計資料	柵條寬度、開口寬度、污渣處置、操作問題
	抽水機設計資料	抽水量形式、數量、率定流量、流量控制方法
	初沉池設計資料	形式、池數、規格尺寸、堰位置、堰長、總表面積、流量、停留時間、堰溢流率、表面沉降速率、化學加藥能力
	快混設計資料	形式、攪拌機數量、池數、水深、動力、流量、停留時間、G值、操作問題
	膠羽沉澱池設計資料	池數、尺寸、流量、混凝時間、馬力、膠羽機、溢流率、堰溢流率、操作問題、Gt值
	過濾設計資料	形式、池數、尺寸、濾料性質、總表面積、濾率控制方式、水頭損失、表面沖洗、反沖洗速率、空氣沖洗速率
	消毒設計資料	池數、尺寸、深度、渠道長寬比、操作時間

表一 淨水場功能評估時所需之圖表資料(續)

評估項目	圖表名稱	內容
設計	消毒池水力描述	
	加藥機設計資料	數目、容量、型式、設計加藥範圍、操作流量、設計劑量、劑量控制、操作問題
	聚合物使用	型式、容量設計加藥範圍、操作流量、設計劑量、劑量控制、操作問題
	污泥處理/處置	初沉污泥（抽取程序、體積量測方法、採樣點、採樣程序、操作問題）；膠沉池污泥（抽取程序、體積量測方法、採樣點、採樣程序、操作問題）；回送污泥（污泥移動描述、可控制容量範圍、體積量測方法、採樣點）、操作問題、最終處置
管理	淨水場人事架構	
	淨水場人員組織架構	
	淨水場名稱與地點	
	淨水場員工資料	職稱姓名證照學歷職掌年資
	淨水場訓練紀錄	訓練名稱時間參加人數紀錄
	淨水場輪值人員編制	責任區域人員編制平均工時
	淨水場維修及督導之人員編制	
	淨水場之預算與支出	預算項目、管理薪資、員工薪資、設備維修、化學藥品、訓練、交通費
維修	預防保養計畫執行進度	計劃描述、執行進度
	淨水場預防保養所使用之表格	
	備品清單及容量	名稱、數量、備品能提供正常供應量之比例
	預防保養參考資料項目與內容	操作維修手冊明確、竣工圖、廠商名冊
	委外維修保養名冊	
	其他	優先程序、設置啓動運作之方法、關鍵性零件採購及其限制因素、因故障停用待修之設備
功能	過去一年內流量分佈圖	
	過去一年內流量機率圖	
	過去一年內原水濁度分佈圖	
	過去一年內原水濁度機率圖	
	過去一年內清水濁度分佈圖	
	過去一年內清水濁度機率圖	
	淨水場流量統計結果	平均值、最小值、最大值、操作時間、尖峰流量

表一 淨水場功能評估時所需之圖表資料(續)

評估項目	圖　表　名　稱	內　　容
功能	淨水場供水量資料	供水人口、民生用水、工業用水
	淨水場未計費水資料	淨水場總產量、總抄表水量
	淨水場反沖洗水量資料	過濾水總水量、反沖洗水百分比
	淨水場原水濁度統計結果	平均值、最小值、最大值
	淨水場清水濁度統計結果	平均值、最小值、最大值
	淨水場化學藥品使用資料	化學品種類、使用量、單位成本
操作	操作手冊清單	處理控制策略與方向、特別的處理控制程序、處理控制的參考文獻
	檢驗室設備清單	
	檢驗室儀器清單	
	檢驗室分析潛能力清單	品質管制、EPA參考樣品、重複試驗（時間表，記錄等）、標準程序/參考文獻、標準方法、現地特別程序、訓練

2. 召開預備會議：提出進行評估所主要針對的特定項目、協調並確立評估的時間表及開始評估行政方面的行動。
3. 現場實地勘查：淨水場中的主要單元作現場的實地勘查，使評估者能熟悉淨水場中各單元的規模及操作情形。並且對淨水場效能、程序控制及維護提出初步的討論基礎。表二爲現場實地勘查專家分組情形。
4. 詳細資料彙整：評估人員與淨水場的管理及操作人員詳細的面談，詳查淨水場的操作及分析記錄與圖表，各單元的規格表，程序控制之資料記錄，及實地勘察的結果。
5. 評估主要單元程序效能：將各項數據與資訊歸納分析，依評估結果將進行CPE的淨水場分類成三大類型。
6. 進行總效能評估：利用近12個月淨水場的程序控制之資料與圖表，來評估淨水場的總體效能，並可判斷各單元程序是否處於最佳化的狀態。
7. 與淨水場人員訪談：對淨水場的人員進行訪談，在使從淨水場所得到的評估資料更加清楚，並查明造成淨水場效能不彰的原因中在實際與認知上之差異。此外，在操作方面，當淨水場的原水或各單元水質發現異常狀況下（如濁度變高時），濾池與沉澱池的應變操作對策等。
8. 鑑定效能限制因素：確定影響效能的限制因素的影響程度後，便期望能將之改善，以達到淨水場原先預期的目

表二 淨水場功能評估時專家之分組及其評估內容

組 別	內 容
管 理	1.營運管理策略。 2.組織與人事架構。 3.訓練 4.財務成本分析資料（人事費用、水費、電力費、加藥費用、污泥處理與處置費用）。
操 作	1. 程序控制策略、方向與步驟。 2.操作維護手冊。 3.檢驗室分析能力與現場實地配合情況。
維 護	1.維護計畫（每日、週、月維護作業工作項目及詳細步驟）。 2.廠內設備及現場儀表維護記錄（現場設備、儀表使用、校正及維修記錄）。 3.防範措施（SOP、零件備用及貯存、備用/配用設備定期保養、零件供應商資料）。 4.緊急應變計畫（如風災、水災、停電、重要設備損壞及異常水質/水量）。
水 質 檢 驗	1.依據環保署頒訂標準水質檢驗法檢驗。 2.化驗室QA/QC品管手冊執行情況。 3.採樣規劃/執行及檢驗數據品保/品管。 4.實驗室安全衛生及廢液處理。

的。

9.召開結束會議：在所有的資料搜集及人員訪談都完成了之後，評估人員應與淨水場的工作人員再舉行一次會議，並提出初步的CPE評估結果。

10.評估CCP之可行性：藉由評估主要單元程序，以推斷是否可以達到改善效能的目的。

11.整理CPE之結果報告：做爲參考並改進效能不佳的依據。

範例探討

一、設計、操作、維護評估

進行綜合效能評估時，首先需赴淨水場訪視了解現況，並請淨水場提供硬體設計及操作維護等基本資料。表三爲範例淨水場各單元硬體設計、規格及操作參數與「台灣省自來水設施標準」比較。表中可看出範例淨水場之設計值大致符合標準，但快混池的停留時間不符合標準30秒。其餘評估結果列於表四。當水場的原水水質變差時，或者在清水處理效果不好時，可優先對那些不符合設施標準的參數進行改進，或進一步由評估結果中找出淨水場處理效能之限制因子。

二、處理功能評估

針對淨水場近年原水及清水之水質檢驗分析報告，作爲淨水場對傳統水質處理功能評估之指標，因此需要淨水場一年以上原水及清水之濁度、氨氮、自由餘氯、

表三 範例淨水場各單元設備規格

單元				設計規格	台灣省自來水工程設施標準	備註
快混池	水池尺寸			共 4 池，每池 V=L×W×D =2.5×2.5×2.0=12.5m^3		Qmax.=3.576 CMS(半場) 1.當原水水質良好時，可直接過濾，不經過膠沉池，PAC 注入池內。
	快混能量			4.5 kW		
	流量(normal)			2.384 CMS		
	滯留時間			5.24 sec	30sec 以上	
	G 值			600 sec^{-1}	GT= 2×10^5 G=500 sec^{-}	
膠沉池	水池尺寸			16 池 V=L×W×D =36×36×5		Qmax.=618,000 CMD (8 池) 1.以不鏽鋼製 16 道集水槽。 2.沉澱池排泥每池一日 12 次，每次約 30 分鐘 3.使用 600 mm φ RCP 排水管，坡度 S=0.002
	膠羽機型式			水力式		
	能量	膠羽機		15 HP(因為膠沉池，故無 G 值)		
		刮泥機		1 HP		
	流量			824,000 CMD		
	滯留時間			3.02 hrs	1.5hrs	
	溢流率			39.74 m/d	不超出 60m/d	
	混凝時間			27 min		
池	型式			混合層		Qmax.=618,000 CMD(12 池) 1.洗砂排水使用 1,000 mm φ RCP 排水管，長度 24 m，坡度 S=0.004 2.二半場同時一池洗砂排水量 2.06 cms，使用 1,350 mm φ RCP 排水管，坡度 S=0.004
	水池尺寸			共 24 池，每池 V=L×W×D =18.0×5.4×2(小池) A=194.4 m^2		
	濾料			濾石 10 cm 濾砂 100 cm 有效直徑：0.95±0.05 ㎜ 均勻係數：1.5 以下	有效直徑 0.4~0.8mm 卵石 濾砂 均勻係數符合 1.7 以下	
	流量			824,000 CMD		
	濾率			177 m/d	100~200m/d	
	反沖洗	水反洗	反洗率	0.2 cmm/m^2	1100-1500 CMD/m^2	1.48 hr 反沖洗一次 2.每池反沖洗水量=400 m^3 3.一池反洗其他 11 池過濾水量=3120 m^3
			清洗時間	10 min		
		空氣反洗	反洗率	0.34 cmm/m^2		
			沖洗壓力	0.35 kgf/cm^2		
清水池	水池尺寸			V=L×W×D =30×40×1.4=1680m^3	池深效水深 4m 以下。	

表四 範例淨水場設計、操作、維護評估結果

項　目	評　　估　　結　　果
設　計	一.水量資料 1.使用之supersonic流量計必須依照規定之方法與頻率校正。 2.需確實計算水量平衡 3.繪製流量-機率圖。 二、快混池 1.改善混凝劑加入方式（加藥管深入液面下），使之混合更爲均勻，增進混凝效果以提昇整體處理功能。 2.增加快混池之G值。 三、膠羽沉澱池 1.研究如何判定sludge blanket之良莠，以及增進其效果。 2.繪製流量-機率圖。 3.利用tracer test （dye、食鹽等）量測實際之操作停留時間，以作爲進行Jar test之依據。 四、過濾 1.增列快濾池之池數、濾料、濾程、操作方式、反沖洗流程以及反沖洗廢水處理等之細節描述。 五、消毒 1.計算C（T值。 2.詳細描述接觸池，如檔板（baffles）、hydraulic condition等細節。 六、化學加藥 1.可利用Jar test比較不同之藥品，如PAC1、Alum、ferric chloride等效能。 七、污泥處理/處置 1.依照新修訂之廢棄物清理法辦理。 2.增加污泥來源、質量平衡，以及污泥塘之描述。 八、整體效能 1.確認混沉出水之濁度小於5 NTU （2 NTU），如此可確保過濾水小於0.5 NTU （0.1 NTU）。
操　作	1.操作程序以流程圖明確畫出，並標出採樣點（項目及頻率）位置。 2.以各單元實際操作數據，檢視淨水場設計是否達最佳化。 3.計算沉澱、過濾池之質量平衡，以推估污泥產量。 4.原水水質良好時，可考慮降低加氯濃度;配水系統中餘氯濃度的維持可由中繼加藥加以控制。 5.消毒程序中，加氯之原則爲：（1）餘氯的維持；（2）降低THM的生成；（3）達到預定的消毒效率。 6.淨水場操作需有完整之操作維護（O&M）手冊。 7.檢驗室之檢測數據需有完整之品保、品管（QA/QC）規劃。
維　護	1.維修保養資料依三方面登錄：（1）預防保養計畫；（2）緊急事件維護計畫；（3）一般維護計畫。 2.經由現場設備之維修清單、設備之使用現況及使用年限，提出年度維修保養計畫及年度維修保養預算。 3.維修保養資料需做到一機一卡，登錄資料需包括:歷來維修項目、維修時間及維修時對現場操作之影響等。

大腸桿菌群及總菌落數等水質檢驗分析報告，作爲淨水場對傳統水質處理功能評估之指標，並可探討淨水場加藥情形對上述水質參數之影響。

圖3爲範例淨水場36個月（1059天）原水水質濁度累積機率。約93.8 %的原水濁度低於100 NTU，而超過100 NTU的時間，大部分在8、9月豐水期期間，這是由於颱風或豪雨造成進水水源之河川污染，致使水質相當混濁。由圖4可發現範例淨水場在1059天中，其清水濁度皆符合現行法規標準，但對未來預定之自來水水質標準2 NTU卻只有86 %符合標準；若將標準提高到歐美嚴格標準1 NTU及0.5 NTU，分別只有57 %（一年中有約七個月）及13 %（一年中約僅有一個半月）達到標準。因此範例淨水對於水源保護及處理技術提昇需同時加強。

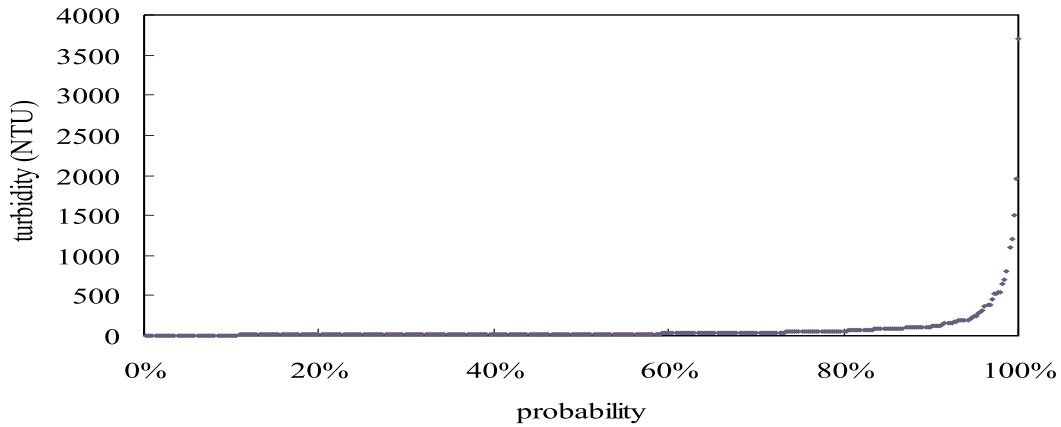


圖3 範例淨水場原水濁度累積機率圖

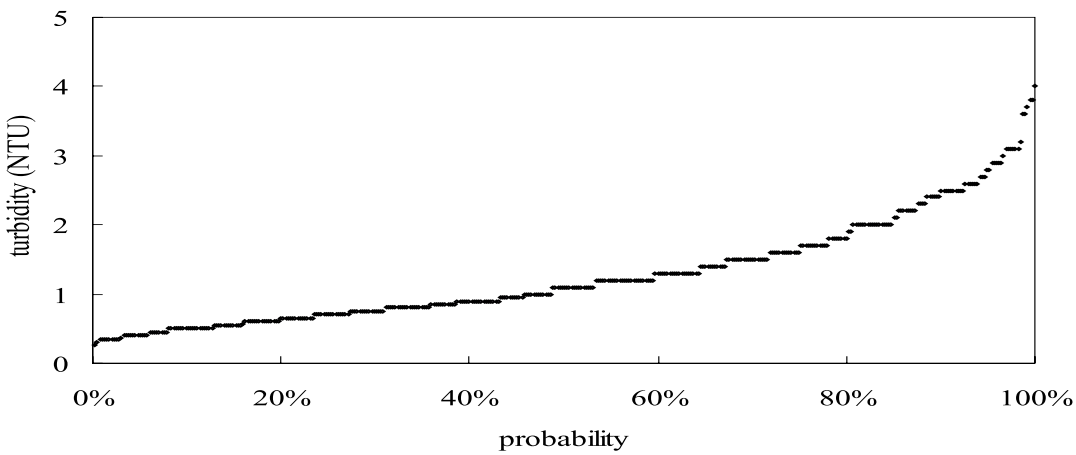


圖4 範例淨水場清水濁度累積機率圖

另一方面，圖5爲範例淨水場36個月清水中的自由餘氯，大都符合現行法規標準，僅有4%清水其餘氯接近現行標準的極限值（1.5mg/L），據淨水場告知這是由於新建工程建設初期使用時，其進流水量小，消毒加氯機設計容量大，在操作調節困難所致。由圖6兩次密集採樣中，於前加氯過程後之每個處理單元THMs濃度即隨消毒接觸時間增加而變大，但最後淨水場清水中的總三鹵甲烷濃度仍符合國內飲用水標準的0.10mg/L。圖7可知密集採樣期間，經前加氯過程後每個處理單元即隨消毒接觸時間增加而變大，但清水中的HAA5仍符合美國未來法規標準0.08mg/L。所以儘管板新淨水場的淨水單元對於TOC及UV254的去除效果不好，但是由於清水中THMs和HAA5的生成濃度均合乎標準，所以目前對於消毒副產物前質的去除，並不建議改進任何處理單元的操作。

三、緊急應變措施及異常狀況處理

淨水場在遭遇到重大衝擊時，簡單且清楚的應變程序、有效利用現有的資源及在最短的時間內獲得協助是非常重要的。在平時，就必須有一組織負責建立及隨時更新資料庫，以便各淨水場參考利用；及模擬各重大災難所造成的各種狀況，並參考以前重大災害發生時，應變程序所遇到的問題，以設計及修正更適當的應變程序；每個淨水場都必須提出適當的緊急應變計畫書，此計畫書是由各種法令整合而成，但同時也必須適用於淨水場本身的實際需求。當在設計一緊急應變計畫時，需

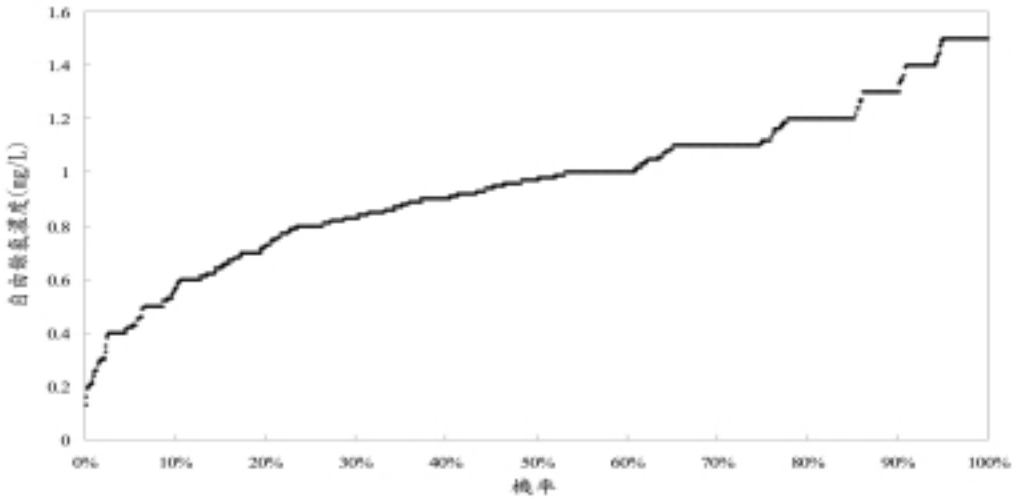


圖5 範例淨水場清水中自由餘氯濃度累積機率圖

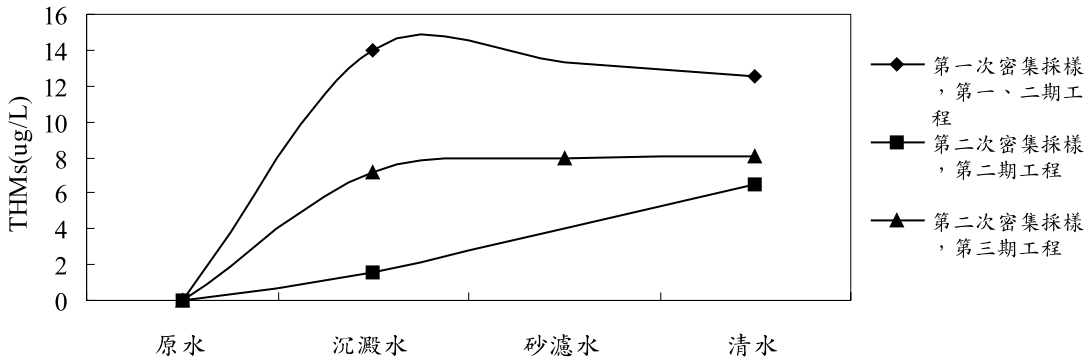


圖6 範例淨水場各處理單元THMs濃度變化

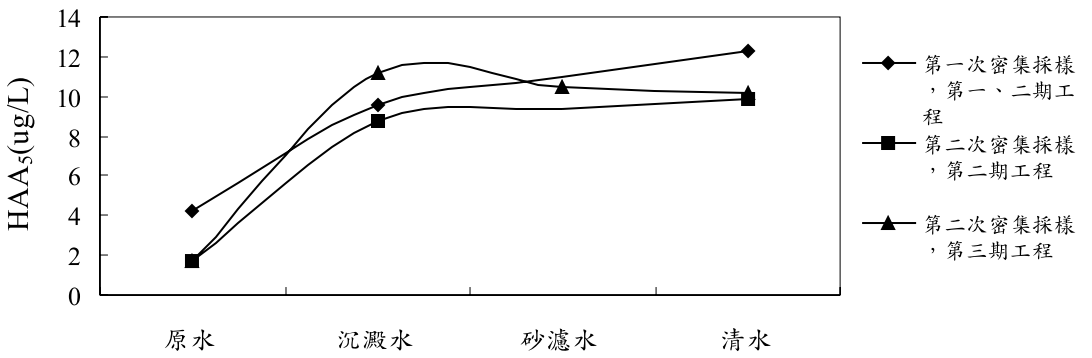


圖7 範例淨水場內各處理單元HAA5濃度變化

注意到下列事項：

（1）訂定一統合的應變結構，以適用於各種緊急應變計劃；

（2）鼓勵淨水場劃分成管理及操作執行兩部門；

（3）建立標準的訓練模式，吸取應付各種狀況的反應技能；

（4）建立由管理、技術及支援人員所組成的單一緊急指揮中心，以致幾乎所有的情況可被評定並指出問題所在；

（5）事先對設備及傳輸系統加以詳細的檢查。並規畫緊急狀況發生後的檢查路線，及充分授權淨水場人員利用緊急設備；

（6）淨水場人員名單，其中包括其職稱（負責事項）、聯絡電話等；

（7）避免發展相互不符或矛盾行爲之應變計畫。

當有重大事故時，這些緊急應變計畫將會自動開始運作，即淨水場人員參照操作手冊（淨水場的每個操作人員必須有緊急應變操作手冊），開始執行適當的措

施。

在異常狀況處理方面，必須訂定一套標準之異常狀況應變處理程序，此部份亦爲功能評估時一項重要之參考。以快濾淨水場爲例，當淨水場的原水或各單元水質發現異常狀況下（如濁度變高時），沉澱的應變操作如表五，濾池的應變操作如表六。

表五 沉澱異常處理的對策

問題	操作者的應變行爲
當原水水質改變時	1.檢驗原水之濁度、pH等，並參照加藥曲線圖，以調整加藥量。 2.估計處理效率。 3.作杯瓶試驗，探討最佳加藥量。 4.以杯瓶試驗結果，調整加藥項目，如：PAC、NaOC1等 5.現場觀察膠羽形成效果，並作適度調整加藥量 6.給于適當的時間恢復正常。
膠凝處理出流水質改變	1.計算總處理效率。 2.進行杯瓶試驗。 3.檢測加藥量及加藥點之快混情形是否均勻。 4.測試膠羽機各階段之轉速，及檢測各階段膠羽形成效果。 5.降低出水量，以提高處理效果。 6.給于時間恢復正常。
當沉澱池有膠羽的沉降不佳及污泥上浮的情形	重力式沉澱池： 1.檢查加藥情形及膠羽的分散，大小何沉降速率。 2.估計總處理效率 3.必要時重做杯瓶試驗。 4.酌量降低快濾池過濾速度，延長過濾時間。 5.派員排除沉澱池淤泥。 6.給于時間恢復正常。 膠沉池： 1.暫停膠羽機運轉 2.降低出水量 3.檢討加藥情形 4.檢測污泥壇之厚度
沉澱池出流水水質改變時	當濁度改變時： 1.計算總處理效率 2.檢查膠羽行成效果是否良好，及加藥量是否適當 3.適當改良處理 4.排除沉澱池之淤泥 5.降低濾率，減少出水量 6.給于時間恢復 當色度改變時： 1.檢查原水加氯量及沉澱池中之餘氯量 2.必要時可酌量增加活性碳，以降低色度
當暴雨使污泥增厚而引起的濁度變化	1.計算總處理效率 2.檢查膠羽行成效果是否良好，及加藥量是否適當 3.適當改變處理 （1）降低出水量，增長沉澱時間 （2）無刮泥設備-逐池以人工輪流清洗 （3）設有自動刮泥機設備增加排泥次數及時間。 4.給于時間恢復

表六 濾池異常處理的對策

異常狀態	操作者的應變行爲
當沉降出流水性質改變時	當濁度改變時： 1.評估整個程序之運作，如檢查膠羽行成效果是否良好，及加藥量是否適當 2.必要時進行杯瓶試驗 3.進行適當之程序改善 4.排除沉澱池之淤泥 5.降低濾率，減少出水量 當色度改變時： 1.檢查原水加氯量及沉澱池中之餘氯量 2.必要時可酌量增加活性碳，以降低色度
當水頭損失增加及濾程縮短時	1.評估整個程序之運作，如判斷濾料是否泥球穿透或濾料流失過多 2.必要時進行杯瓶試驗 3.進行適當程序之改善，如延長反沖洗時間 4.在適當時間，驗證程序改變所得隻響應屬實
過濾池出流水性質改變	1.評估整個程序之運作 2.必要時進行瓶杯試驗 3.驗證下列程序操作功能表 （1）混凝-膠凝程序 （2）沉降單元程序 （3）過濾單元程序 4.做適當程序改變 5.在適當時間驗證程序改變所額之響應屬實

四、處理水質與加藥量之關係

（一）化學混凝單元

在評估過程中，對於淨水場水質資料及相關操作參數，可進一步進行統計及學理上之探討，進而提出最佳之操作範圍，作爲淨水場日後操作上之參考或依據。圖8爲範例淨水場3、6、9及12月的Jar Test數據統計整理，得到原水濁度在10至100 NTU的理想之建議加藥量。其中可看出當原水濁度在10至100 NTU時，爲使清水濁度分別降至4、3、2 NTU，最適宜之加藥量分別爲，12.8-34.5、14.4-40.7及15.8-47.7mg/L。

（二）加氯消毒單元

在加氯方面，影響加氯消毒的因子包括水中有機物濃度、pH值、溫度、濁度、加藥濃度、接觸時間、干擾物質及水中微生物的種類。一般而言，pH值越低，溫度越高，Ct值越大，濁度及干擾物值越少，消毒的效率會越好。對水中不同微生物而言，在固定的pH值、溫度下，不同的Ct值下有不同的殺菌消毒效率。殺菌力越強的消毒劑在達到相同的消毒效率時，所需的Ct值越小。但在以氯爲消毒劑

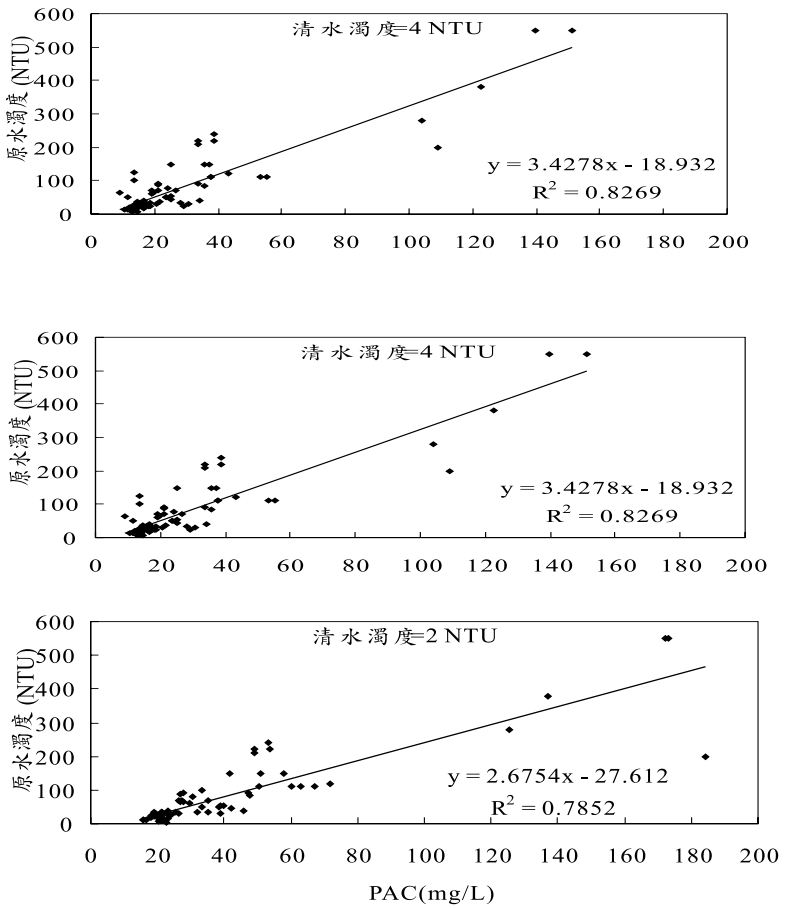


圖8 範例淨水場建議加藥量與原水濁度關係圖

的情況下，氯的加藥量越高，其與水中天然有機物（NOM）反應生成的消毒附產物（DBP）也越多，而消毒附產物的致癌性又爲淨水工程中最令人關心的問題。所以在消毒劑劑量與消毒附產物的生成，兩者之間有一平衡關係。此外，各單元的長寬比亦會影響消毒效果，因爲對一般混凝土渠道而言，長寬比會影響延散係數（dispersion number）的大小，而延散係數可表示水流在渠道內之流況及消毒劑在渠道內之擴散性質，一般而言，長寬比大可使延散係數變小，使渠道內的流況接近plug flow，而增加消毒效率。

由消毒動力學（disinfection kinetics）及延散模式（dispersion model）可以找出決定C t值的方法，求出在不同消毒劑濃度下的C t 值，方法如下：

1. 由消毒動力學知在batch reactor

中，加入消毒劑後，存活微生物與原有微生物的關係如下（Collins and Selleck,1972）：

$$\left[\frac{N}{N_0}\right]_{batch}=1 \qquad \theta<\frac{b}{CT}$$

$$\left[\frac{N}{N_0}\right]_{batch}=\left(\frac{b}{Ct}\right)^n \qquad \theta>\frac{b}{CT}$$

b , n：實驗常數；C：消毒劑濃度；T：理論停留時間；t：接觸時間

由實驗室之batch 實驗可以求得在不同濃度下之n , b 值

2. 由dispersion model及disinfection kinetics可得消毒效率可以下式表示：

$$1-\int_0^{\infty}\left[\frac{N}{N_0}\right]_{batch}E_\theta\,d\theta=1-\left[\int_0^{\frac{b}{CT}}\frac{1}{\sqrt{4\pi\theta d}}\cdot\exp\left(\frac{-(1-\theta)^2}{4\theta d}\right)d\theta+\int_{\frac{b}{CT}}^{\infty}\left(\frac{b}{CT}\right)^n\frac{1}{\sqrt{4\pi\theta d}}\cdot\exp\left(\frac{-(1-\theta)^2}{4\theta d}\right)d\theta\right]$$

將消毒效率（1-N/N0）；延散係數d（一般混凝土渠道d = 0.14K/（L/W）；L/W長寬比）；以及T , n , b代入，可求出 θ ；

又 θ = t/T，接觸時間t= T× θ ，由消毒劑濃度及接觸時間可決定C t 值。

對範例淨水場而言，當取n = 2 ，b = 0.3mg-min/L， K=5 在99.99%的消毒效率下，加氯濃度、接觸時間和長寬比的關係如圖9。由圖可知在相同的消毒效率及長寬比時，加氯濃度越高，所需接觸時間就越短; 在相同的消毒效率及加氯濃度時，接觸時間若要越短，長寬比就要越大。顯示長寬比增加可提昇消毒效率。因此，當一淨水場消毒效率無法達到要求時，可調整加氯濃度、接觸時間和長寬比以增進消毒效能，在已有的淨水場中長寬比可藉由檔板的設立來調整，而在設計新水場時長寬比的選擇亦爲消毒程序中重要的設計參數。

結論與建議

以綜合效能評估可發現範例淨水場部分單元硬體設計並不符合「台灣省自來水設施標準」。因此，當水場的原水水質變差時，或者在清水處理效果不好時，可優先對那些不符合設施標準的參數進行改進，並可進一步找出處理效能之限制因子。

此外，爲增進淨水場處理效能以符合加嚴格之第二階段國家飲用水水質標準，綜合性效能評估乃爲診斷淨水場處理效能限制因子、以及是否需要更進一部保護原水水源之重要工具。以下爲執行綜合性效能評估之建議步驟：

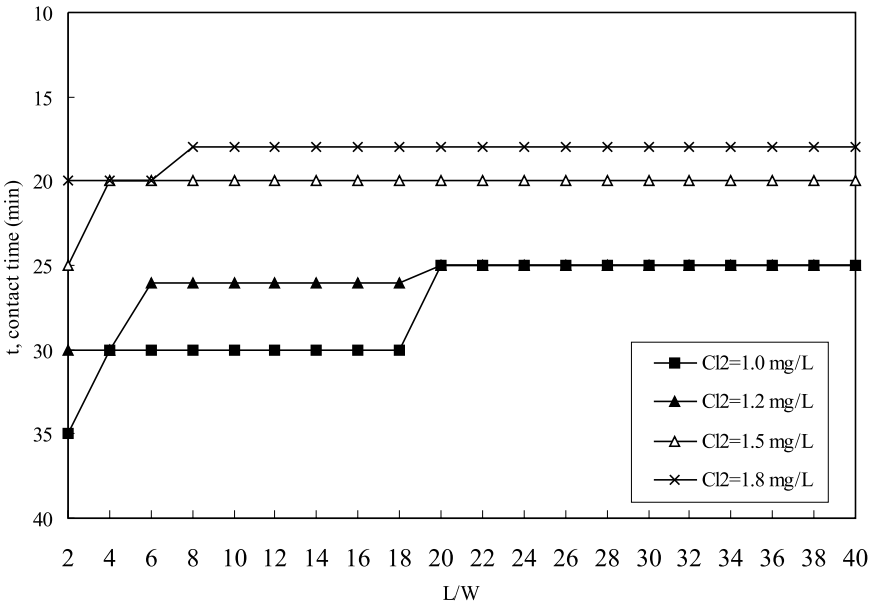


圖9 99.99 % 消毒效率下加氯濃度、接觸時間與長寬比的關係

1.CPE事前執行程序

(1) 訓練計劃

- 操作者遵循正確之操作維護步驟
- 檢驗室遵循正確之採樣與分析步驟
- 管理者具備使淨水場功能最佳化之能力

(2) 技術指導

由專家學者組成之團隊，提供淨水場下列之協助

- 提供各處理程序操作技術
- 評估淨水場目前之操作與維護情形
- 協尋淨水場目前之操作與維護之缺失
- 針對發現之缺失提出改正方法

(3) CPE示範淨水場

- 於北、中、南部各選定一座綜合性效能評估之示範淨水場
- 於選定之淨水場執行上述之前置作業
- 若淨水場功能無法符合現有或第二階段水質標準，則對之繼續進行CPE。

2.CPE之執行

- 對現有的處理程序提供技術層面之操作規範
- 對現有的處理程序進行效能評鑑
- 鑑定與排序影響淨水場效能之限制因子
- 進行結束會議與準備CPE報告
- 遵循CPE報告提出之建議做出必要

之改正

・再次進行CPE

另一方面，當消毒效率無法達到要求時，可調整加氯濃度、接觸時間和長寬比以增加C（t值以增進消毒效能，在已有的淨水場中長寬比可藉由檔板的設立來調整，在設計新水場時可藉長寬比的選擇達到較佳消毒效率的目的。

參考文獻

蔣本基，樓基中，「矩形加氯池中三鹵甲烷（TTHM）生成預測模式之研究」，第三屆水利工程研討會論文集，民國75年5月30，31日。

樓基中，「淨水系統單元操作對三鹵甲烷之去除機質與生成模式之研究」，博士論文，國立台灣大學環境工程學研究所，台北，1987。

環保署研究報告，「臭氧搭配活性碳單元對飲用水中消毒副產物之去除效能評估」，期末報告，計畫編號：EPA-87-E3J1-09-01，計畫主持人：蔣本基，張怡怡，民國87年6月。

林逸彬，「配水系統中消毒副產物生成模式」，碩士論文，國立台灣大學環境工程學研究所，台北，1999。

Collins, H and Selleck, R SERL Report, No. 72-5, University of California, Berkeley, CA Nov. 1972.

石門淨水場消毒劑接觸實驗執行結果探討

張嬉麗[1] 葉景洲[2]

摘要

飲用水消毒效率通常是以大腸桿菌群及總菌落數之減少來評定，但是由於微生物之檢驗一般均需要一到四天之檢驗時間才可以知道檢驗結果，而在此時間內淨水場已經有大量的自來水被用戶所使用，所以實在需要有一套評斷淨水場消毒效果的方法。利用美國地面水處理規則（The Surface Water Treatment Rule,SWTR）之CT值測試試驗，一方面可以知道淨水場之水流狀態，另一方面可知道消毒狀況是否良好。本實驗利用食鹽爲追蹤劑，再透過T_{10}及平均滯留時間等觀念之計算，探討石門淨水場之消毒狀況。由實驗結果與SWTR附表比較後得知石門場目前之消毒效率是足夠的。

一、前言：

美國環保署於1989年6月29日公布之”地面水處理原則”（Surface Water Treatment Rule,簡稱SWTR）要求地面水須以CT概念來証實其淨水程序能去除或降低梨形虫孢囊（Giardia Cysts）達99.9%（3-Log）以上，以及病毒（Viruses） 達99.99%（4-Log）以上。如果淨水處理廠的CT值大於或等於SWTR表上之CT值，表示該廠之消毒效果已經足夠，若小於SWTR表上之CT值，則表示消毒效果不足。

二、CT值概念及計算

所謂CT值即指消毒劑之濃度乘以接觸時間，本實驗以下列兩種計算方法來探討：

（一）T_{10}法：

SWTR規定C及T值須在尖峰流量（Peak Hour Flow）時檢測外C值須在其第一個用戶水龍頭之前，或在下一個加藥點之前檢測。而T值則表示消毒劑之接觸時間以追蹤劑（Tracer）投入消毒加藥點，並於消毒劑殘餘濃度檢測點檢測追蹤劑流出量達到10%時之經過時間（亦稱爲T_{10}）。

1 台灣省自來水公司第二區管理處檢驗室主任
2 台灣省自來水公司第二區管理處檢驗室工程員

所以　　CT值= C×T_{10}

因爲消毒劑爲氯氣，所以C值即指水中自由餘氯之濃度（以mg/L表示）。

（二）平均滯留時間法：

我們用另外一種思考方法，因原水中含有一些有機或無機污染物會消耗自由餘氯，所以自由餘氯之濃度在淨水處理之過程中並非定值，而會隨時間而衰減。自由餘氯在水中衰減接近於化學一階反應，可以下式表示：

$C = C_0 e^{-kt}$

其中C =時間t時自由餘氯之濃度（mg/L）。

C_0 =時間0時自由餘氯之濃度（mg/L）。

k =反應速率常數（min-1）。

t =時間（min）。

而T值本實驗是以平均滯留時間表示：

$\bar{t} = \Sigma\ ti \times Ei \times \triangle t$

其中$\bar{t}$ = 平均滯留時間（min）。

ti = 時間i（min）。

Ei = Exit age distribution = Ci /（Σ Ci ×△ti）。

△t =時間間距（min）。

Ci =時間i時自由餘氯之濃度。

所以　CT值= Σti×Ei×△t （$C_0 e^{-kt}$

三、實驗方法：

本場（石門淨水場）原水由石門水庫經石門大圳流進，經前加氯後分成十四流道，每個流道分別經混凝池、沉澱池、快濾池、最後合併後經後加氯流進兩池清水池，再經抽水機加壓送至用戶使用。

因爲有兩段加氯，我們把石門場拆成兩半部，前加氯（前段投藥點）至快濾池出口（前段採樣點）爲前半段，後加氯（後段投藥點）至第一用戶（檢驗室）水龍頭（後段採樣點）爲後半段。以台鹽高級精鹽溶解於水中爲追蹤劑（Tracer），先測量採樣點之背景氯鹽濃度，等背景值至少三點都穩定後開始投藥，同時間採投藥點及採樣點樣品檢驗自由餘氯、pH、水溫、氯鹽濃度，以後每隔十分鐘採取採樣點樣品檢驗氯鹽濃度直到氯鹽濃度不再下降爲止（理想值爲原背景值）。

四、實驗結果及計算：

（一）前半段：

實驗日期：八十八年二月二十三日

天氣：陰天

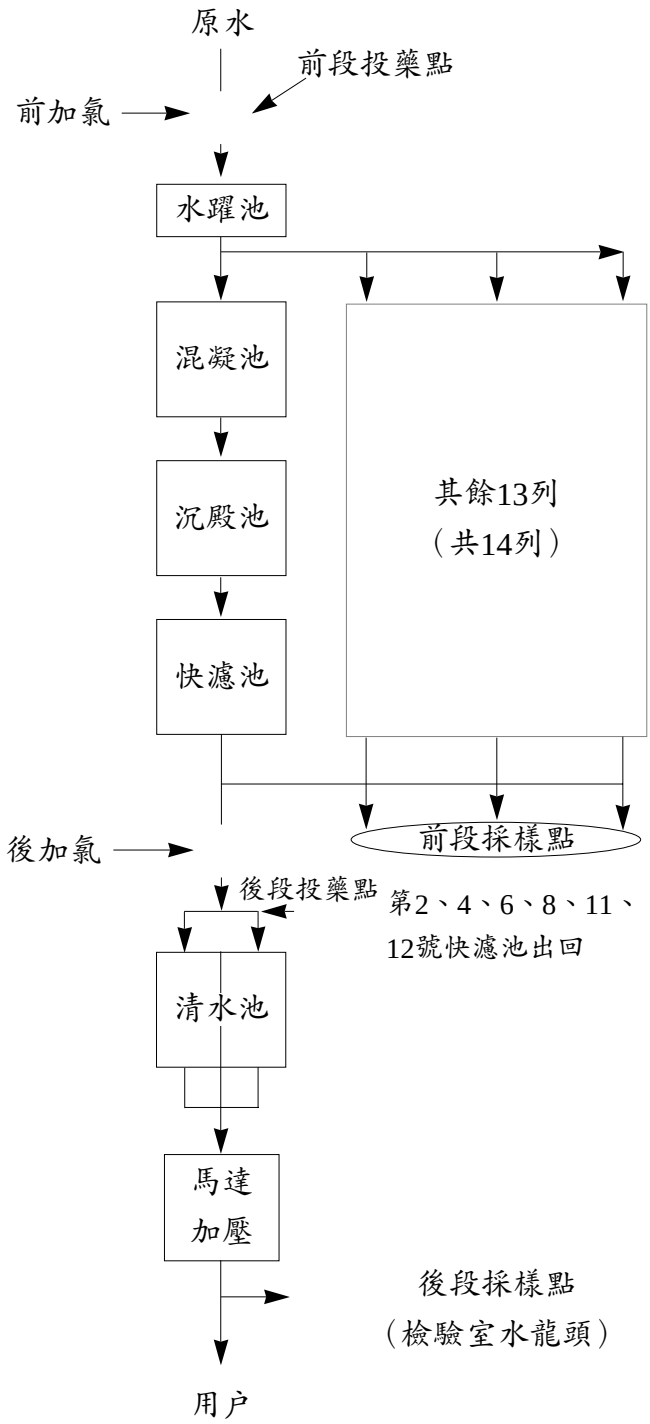
投藥時氣溫：17.5。C

投藥時水溫：18.0。C

投藥點：原水前加氯處（水躍池前）

投藥量：20 kg臺鹽高級精鹽（NaCl 99.5%以上）

採樣點：2號、4號、6號、8號、11號、12



圖一：石門淨水場系統流程圖

號快濾池出口（共六點檢測後平均）

實驗方法：首先偵測採樣點氯鹽背景值，直到背景值連續三次已經穩定，求平均背景濃度。

加入二十公斤精鹽，每隔十分鐘採樣一次，繪製時間濃度圖，計算CT值。

處理水量：78000公噸 / 天 （54.1 m3 / min）

前加氯：1.2 mg / L

投藥點pH：7.4

採樣點餘氯：0.08 mg / L

檢驗方法：硝酸銀滴定法（NIEA W407.50A）

表一：前半段消毒劑接觸試驗氯鹽濃度檢測表

單位：mg / L

時間	快濾水2	快濾水4	快濾水6	快濾水8	快濾水11	快濾水12	平均
10:30	4.01	2.51	3.00	3.51	3.00	2.88	3.152
11:30	4.51	3.51	2.51	3.51	3.51	2.51	3.343
12:30	2.51	3.76	2.76	3.51	3.76	3.64	3.323
13:30	3.76	3.51	4.01	4.01	2.26	3.76	3.425
13:40	4.51	4.01	4.01	3.76	2.26	3.64	3.490
13:50	4.01	4.26	4.76	3.76	3.26	3.13	3.863
14:00	4.76	4.51	4.76	3.51	3.76	3.76	4.177
14:10	4.01	5.02.	4.26	5.27	4.51	4.38	4.575
14:20	4.51	4.51	5.02	4.76	5.02	4.89	4.785
14:30	5.52	5.02	4.76	5.27	5.27	4.51	5.100
14:40	6.52	4.51	5.02	5.77	6.02	4.13	5.663
14:50	5.52	5.27	5.76	6.77	6.27	5.14	5.747
15:00	5.52	5.02	6.02	6.02	5.76	4.51	5.475
15:10	5.76	5.02	6.02	5.27	5.76	5.02	5.765
15:20	6.02	5.76	5.14	5.02	5.76	3.76	5.370
15:30	5.76	5.52	5.27	5.27	5.76	5.77	5.517
15:40	5.76	5.27	6.02	5.52	5.76	6.27	5.892
15:50	5.52	6.02	5.02	6.02	5.52	5.76	5.727
16:00	5.02	6.52	5.27	6.02	5.76	6.01	5.517
16:10	5.02	5.02	5.27	4.76	4.76	5.02	5.098
16:20	4.01	5.76	4.76	6.02	5.52	6.52	5.223
16:30	5.52	4.51	5.76	5.27	5.02	5.64	5.455
16:40	4.51	5.52	5.02	5.02	4.76	5.27	4.807
16:50	4.76	4.26	5.01	6.27	4.01	5.02	5.057
17:00	4.26	5.27	4.76	4.76	4.01	5.14	4.490
17:10	4.76	4.01	4.76	4.26	4.76	4.76	4.552
18:00	3.76	3.76	4.51	4.51	3.51	4.51	4.093
19:00	4.01	4.01	3.00	3.51	2.76	4.51	3.633
21:00	3.26	4.01	3.00	3.51	2.76	3.38	3.320

表二:前半段以T10計方法計算結果表

單位：mg / L

時間 (t)	投藥時間 min	時間間距 (Δt)	氯鹽濃度	實際濃度	平均濃度 (Ci)	F
10:30			3.152	背景平均		
11:30			3.343	3.273		
12:30			3.323			
13:30	0		3.425	0.152		
13:40	10	10	3.490	0.217	0.185	0.0037
13:50	20	10	3.863	0.591	0.404	0.0118
14:00	30	10	4.177	0.904	0.747	0.0267
14:10	40	10	4.575	1.302	1.103	0.0488
14:20	50	10	4.785	1.512	1.407	0.0769
14:30	60	10	5.100	1.827	1.670	0.1103
14:40	70	10	5.663	2.391	2.109	0.1524
14:50	80	10	5.747	2.476	2.432	0.2011
15:00	90	10	5.475	2.202	2.338	0.2478
15:10	100	10	5.765	2.492	2.347	0.2947
15:20	110	10	5.370	2.097	2.295	0.3406
15:30	120	10	5.517	2.244	2.171	0.3840
15:40	130	10	5.892	2.619	2.431	0.4326
15:50	140	10	5.727	2.454	2.536	0.4833
16:00	150	10	5.517	2.244	2.349	0.5303
16:10	160	10	5.098	1.826	2.035	0.5710
16:20	170	10	5.223	1.951	1.888	0.6087
16:30	180	10	5.455	2.182	2.066	0.6500
16:40	190	10	4.807	1.534	1.858	0.6872
16:50	200	10	5.057	1.784	1.659	0.7204
17:00	210	10	4.490	1.217	1.501	0.7504
17:10	220	10	4.552	1.279	1.248	0.7753
18:00	270	50	4.093	0.821	1.050	0.8802
19:00	330	60	3.633	0.361	0.591	0.9511
21:00	450	120	3.320	0.047	0.204	1.0000

註1：實際濃度＝[（前一時間濃度－背景值濃度）＋（該時間濃度－背景值濃度）]/2

註2：$F=[\Sigma Ci\times\triangle t\times Q)_{,i=1\sim i}] / [\Sigma Ci\times\triangle t\times Q)_{,i=1\sim n}]$

其中

Q=處理水量（54.1m3 / min）

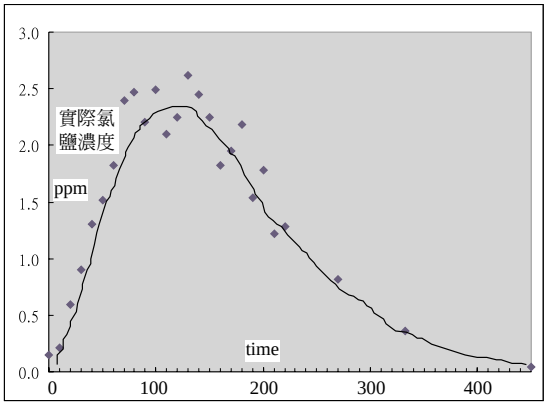
i = 第i次

n= 總次數

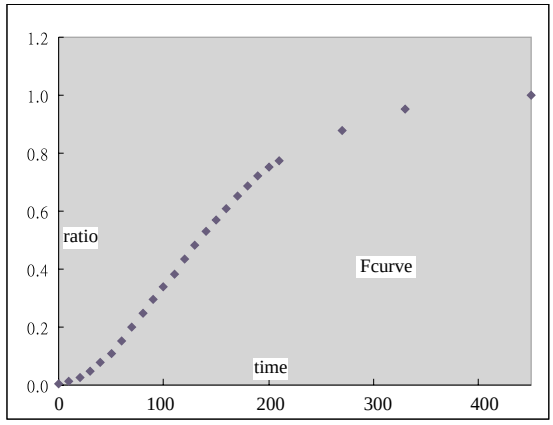
由F值= 0.1（10%）可得知T_{10}= 57 mins（內插法）

而C值= 0.08 mg/L（採樣點自由餘氯濃度）

所以前半段之CT10值= 0.08 X 57 = 4.56 mgxmin /L



圖二：前半段採樣點時間對氯鹽實際濃度變化圖



圖三：前半段F曲線隨時間變化圖

表三－1：前半段以平均滯留時間方法計算結果表

單位：mg / L

時間 (t)	投藥時間	時間間距 (Δt)	氯鹽濃度	實際濃度	平均濃度 (Ci)	CiXΔt	Ei= Ci/ (∑CiXΔt)
10:30			3.152	背景平均			
11:30			3.343	3.273			
12:30			3.323				
13:30	0		3.425	0.152			
13:40	10	10	3.490	0.217	0.185	1.85	0.0004
13:50	20	10	3.863	0.591	0.404	4.04	0.0008
14:00	30	10	4.177	0.904	0.747	7.47	0.0015
14:10	40	10	4.575	1.302	1.103	11.03	0.0022
14:20	50	10	4.785	1.512	1.407	14.07	0.0028
14:30	60	10	5.100	1.827	1.670	16.70	0.0033
14:40	70	10	5.663	2.391	2.109	21.09	0.0042
14:50	80	10	5.747	2.476	2.432	24.32	0.0049
15:00	90	10	5.475	2.202	2.338	23.38	0.0047
15:10	100	10	5.765	2.492	2.347	23.47	0.0047
15:20	110	10	5.370	2.097	2.295	22.95	0.0046
15:30	120	10	5.517	2.244	2.171	21.71	0.0043
15:40	130	10	5.892	2.619	2.431	24.31	0.0049
15:50	140	10	5.727	2.454	2.536	25.36	0.0051
16:00	150	10	5.517	2.244	2.349	23.49	0.0047
16:10	160	10	5.098	1.826	2.035	20.35	0.0041
16:20	170	10	5.223	1.951	1.888	18.88	0.0038
16:30	180	10	5.455	2.182	2.066	20.66	0.0041
16:40	190	10	4.807	1.534	1.858	18.58	0.0037
16:50	200	10	5.057	1.784	1.659	16.59	0.0033
17:00	210	10	4.490	1.217	1.501	15.01	0.0030
17:10	220	10	4.552	1.279	1.248	12.48	0.0025
18:00	270	50	4.093	0.821	1.050	52.49	0.0021
19:00	330	60	3.633	0.361	0.591	35.43	0.0012
21:00	450	120	3.320	0.047	0.204	24.47	0.0004
						∑=500.2	

表三－2:前半段以平均滯留時間方法計算結果表（續）

單位：mg / L

時間(t)	$t_i X E_i X \Delta t$	$t_i^2 X E_i X \Delta t$	$t_i X E_i X \Delta t X C_0 e^{-kti}$
10:30			
11:30			
12:30			
13:30			
13:40	0.04	0	0.034
13:50	0.16	3	0.114
14:00	0.45	13	0.242
14:10	0.08	35	0.365
14:20	1.41	70	0.446
14:30	2.00	120	0.487
14:40	2.95	207	0.550
14:50	3.89	311	0.556
15:00	4.21	379	0.460
15:10	4.69	469	0.394
15:20	5.05	555	0.324
15:30	5.21	625	0.257
15:40	6.32	822	0.239
15:50	7.10	994	0.205
16:00	7.04	1057	0.156
16:10	6.51	1041	0.111
16:20	6.42	1091	0.084
16:30	7.44	1339	0.074
16:40	7.06	1341	0.054
16:50	6.63	1327	0.039
17:00	6.30	1323	0.028
17:10	5.49	1208	0.019
18:00	28.33	7650	0.026
19:00	23.38	7715	0.004
21:00	22.01	9906	0.000
	∑=171 平均滯留時間(t)	∑=39600	∑=5.27 CT 值

接下來我們導入一些數學及動力學概念

由表三－2可得

Variance $\sigma 2 = \Sigma t_i^2 \times E_i \times \triangle t - \bar{t}^2 =$ 10372

我們把淨水場前半段看成是由N個體積相同串聯而成之連續攪拌槽式反應器（Continuously Stirred Tank Reactor，簡稱CSTR）

The nunber of CSTRs in series $N = \bar{t}^2 / \sigma 2 = 2.819$

假設Kinetic of chlorine decay爲一階反應$C = C_0 e^{-kt}$

由公式$C/C_0 = 1/[1 + k(\bar{t}/N)]^N$

其中除反應常數k未知外其餘均爲已知，代入後可得

反應常數k （ 0.0266 （min^{-1}）

代入計算可得表三－2第四列數據，

加總後得

CT值$= \Sigma t_i \times E_i \times \triangle t$（$C_0 e^{-kti} = 5.27$ mgxmin /L

（二）後半段：

實驗日期：八十八年三月二十三日

天氣：陰天

投藥時氣溫：17.3。C

投藥時水溫：16.5。C

投藥點：清水池入口加氯處

投藥量：48 kg臺鹽高級精鹽（ NaCl 99.5%以上）

採樣點：第一用戶（檢驗室）水龍頭

實驗方法：首先偵測採樣點氯鹽背景值，直到背景值連續三次已經穩定，求平均背景濃度。

加入四十八公斤精鹽，每隔十分鐘採樣一次，繪製時間濃度圖及CT值。

處理水量：111542公噸 / 天 （77.46m3 / min）

後加氯：1.2 mg / L

投藥點pH：7.5

採樣點餘氯：0.88 mg / L

檢驗方法：硝酸汞滴定法（ NIEA W406.50A）

表四：後半段以T10計方法計算結果表

單位：mg / L

時間（t）	投藥時間 min	間距（Δt）	氯鹽濃度	實際濃度	平均濃度（Ci）	F
08:30			5.366	背景平均		
09:00			5.366	5.366		
09:30			5.366			
10:00	0		5.467	0.000		
10:10	10	10	5.467	0.101	0.051	0.0016
10:20	20	10	5.366	0.000	0.051	0.0033
10:30	30	10	5.366	0.000	0.000	0.0033
10:40	40	10	5.366	0.000	0.000	0.0033
10:50	50	10	5.416	0.050	0.025	0.0041
11:00	60	10	5.568	0.202	0.126	0.0082
11:10	70	10	5.568	0.202	0.202	0.0148
11:20	80	10	5.366	0.000	0.101	0.0181
11:30	90	10	5.568	0.202	0.101	0.0214
11:40	100	10	5..872	0.506	0.354	0.0330
11:50	110	10	5.669	0.303	0.405	0.0462
12:00	120	10	5.872	0.506	0.405	0.0594
12:10	130	10	5.872	0.506	0.506	0.0759
12:20	140	10	6.057	0.709	0.608	0.0958
12:30	150	10	6.176	0.810	0.760	0.1206
12:40	160	10	6.378	1.012	0.911	0.1503
12:50	170	10	6.581	1.215	1.114	0.1867
13:00	180	10	7.087	1.721	1.468	0.2346
13:10	190	10	7.087	1.721	1.721	0.2908
13:20	200	10	7.188	1.822	1.772	0.3487
13:30	210	10	7.391	2.025	1.924	0.4115
13:40	220	10	7.087	1.721	1.873	0.4727
13:50	230	10	6.783	1.417	1.569	0.5239
14:00	240	10	7.188	1.822	1.620	0.5768
14:10	250	10	7.238	1.872	1.847	0.6372
14:20	260	10	6.581	1.215	1.544	0.6876
14:30	270	10	6.378	1.012	1.114	0.7239
14:40	280	10	6.176	0.810	0.911	0.7537
14:50	290	10	5.771	0.405	0.608	0.7735

15:00	300	10	6.277	0.911	0.658	0.7950
15:10	310	10	5.670	0.304	0.608	0.8149
15:20	320	10	6.176	0.810	0.557	0.8330
15:30	330	10	5.771	0.405	0.608	0.8529
15:40	340	10	5.771	0.405	0.405	0.8661
15:50	350	10	6.024	0.658	0.532	0.8835
16:00	360	10	5.467	0.101	0.380	0.8959
16:10	370	10	5.872	0.605	0.304	0.9058
16:20	380	10	5.771	0.405	0.456	0.9207
16:30	390	10	5.872	0.506	0.456	0.9355
16:40	400	10	5.872	0.506	0.506	0.9521
16:50	410	10	5.67	0.304	0.405	0.9653
17:00	420	10	5.771	0.405	0.355	0.9769
17:10	430	10	5.771	0.405	0.405	0.9901
17:20	440	10	5.467	0.101	0.253	0.9984
17:30	450	10	5.366	0.000	0.051	1.0000

註1：實際濃度＝[（前一時間濃度－背景值濃度）＋（該時間濃度－背景值濃度）]/2

註2：$F=[\Sigma Ci\times\triangle t\times Q)_{,i=1\sim i}] / [\Sigma Ci\times\triangle t\times Q)_{,i=1\sim n}]$

其中

Q=處理水量（77.46m^3 / min）

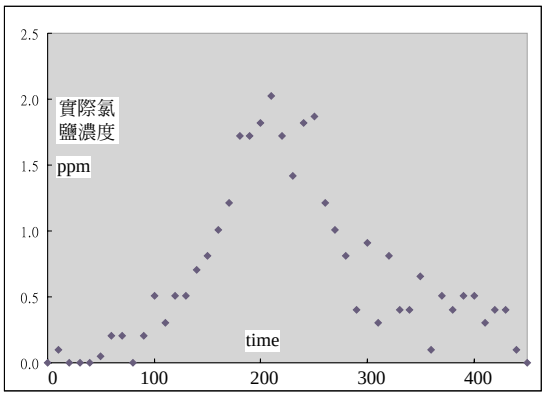
i = 第i次

n= 總次數

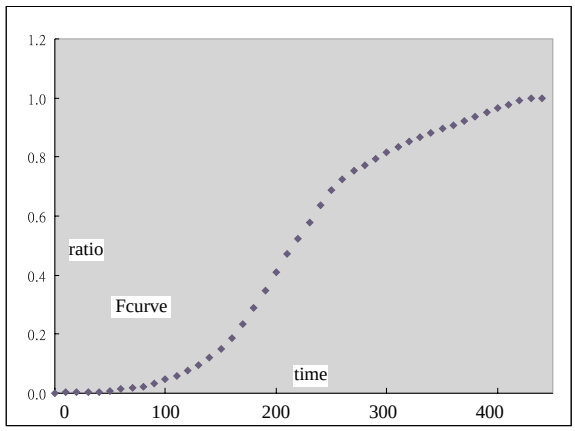
由F值= 0.1（10%）可得知T_{10} = 142 mins（內插法）

而C 值= 0.88 mg/L（採樣點自由餘氯濃度）

所以後半段之CT_{10}值= 0.88×142 = 124.96 mgxmin /L



圖四：後半段採樣點時間對氯鹽濃度圖



圖五：後半段F曲線隨時間變化圖

表五－1:後半段以平均滯留時間方法計算結果表

單位：mg / L

時間 (t)	投藥時間	間距 (Δt)	氯鹽濃度	實際濃度	平均濃度 (Ci)	CiXΔt	Ei= Ci/ ∑CiXΔt
08:30			5.366	背景平均			
09:00			5.366	5.366			
09:30			5.366				
10:00	0		5.467	0.000			
10:10	10	10	5.467	0.101	0.051	0.505	0.0002
10:20	20	10	5.366	0.000	0.051	0.505	0.0002
10:30	30	10	5.366	0.000	0.000	0.000	0.0000
10:40	40	10	5.366	0.000	0.000	0.000	0.0000
10:50	50	10	5.416	0.050	0.025	0.250	0.0001
11:00	60	10	5.568	0.202	0.126	1.260	0.0004
11:10	70	10	5.568	0.202	0.202	2.020	0.0007
11:20	80	10	5.366	0.000	0.101	1.010	0.0003
11:30	90	10	5.568	0.202	0.101	1.010	0.0003
11:40	100	10	5..872	0.506	0.354	3.540	0.0012
11:50	110	10	5.669	0.303	0.405	4.045	0.0013
12:00	120	10	5.872	0.506	0.405	4.045	0.0013
12:10	130	10	5.872	0.506	0.506	5.060	0.0017
12:20	140	10	6.057	0.709	0.608	6.075	0.0020
12:30	150	10	6.176	0.810	0.760	7.595	0.0025
12:40	160	10	6.378	1.012	0.911	9.110	0.0030
12:50	170	10	6.581	1.215	1.114	11.135	0.0036
13:00	180	10	7.087	1.721	1.468	14.680	0.0048
13:10	190	10	7.087	1.721	1.721	17.210	0.0056
13:20	200	10	7.188	1.822	1.772	17.715	0.0058
13:30	210	10	7.391	2.025	1.924	19.235	0.0063
13:40	220	10	7.087	1.721	1.873	18.730	0.0061
13:50	230	10	6.783	1.417	1.569	15.690	0.0051
14:00	240	10	7.188	1.822	1.620	16.195	0.0053
14:10	250	10	7.238	1.872	1.847	18.470	0.0060
14:20	260	10	6.581	1.215	1.544	15.435	0.0050
14:30	270	10	6.378	1.012	1.114	11.135	0.0036
14:40	280	10	6.176	0.810	0.911	9.110	0.0030
14:50	290	10	5.771	0.405	0.608	6.075	0.0020

15:00	300	10	6.277	0.911	0.658	6.580	0.0021
15:10	310	10	5.670	0.304	0.608	6.075	0.0020
15:20	320	10	6.176	0.810	0.557	5.570	0.0018
15:30	330	10	5.771	0.405	0.608	6.075	0.0020
15:40	340	10	5.771	0.405	0.405	4.050	0.0013
15:50	350	10	6.024	0.658	0.532	5.315	0.0017
16:00	360	10	5.467	0.101	0.380	3.795	0.0012
16:10	370	10	5.872	0.605	0.304	3.035	0.0010
16:20	380	10	5.771	0.405	0.456	4.555	0.0015
16:30	390	10	5.872	0.506	0.456	4.555	0.0015
16:40	400	10	5.872	0.506	0.506	5.060	0.0017
16:50	410	10	5.67	0.304	0.405	4.050	0.0013
17:00	420	10	5.771	0.405	0.355	4.050	0.0012
17:10	430	10	5.771	0.405	0.405	4.050	0.0013
17:20	440	10	5.467	0.101	0.253	2.530	0.0008
17:30	450	10	5.366	0.000	0.051	0.505	0.0002
						∑=306.2	