

公務出國報告

(出國類別：實習、考察)

「考察澳洲淨水場致病藻類防制作業、淨水處理研究趨勢暨參加 2007 年 IWA-ASPIRE 會議」  
心得報告

服務機關：台灣自來水股份有限公司

出國人：籃炳樟 張嬉麗 曾盛一 張光翹

出國地點：澳洲

出國期間：自 96 年 10 月 28 日至 96 年 11 月 04 日

報告日期：97 年 1 月 6 日

系統識別號：

## 公務出國報告提要

出國報告名稱：考察澳洲淨水場致病藻類防制作業、淨水處理研究趨勢

暨參加 2007 年 IWA-ASPIRE 會議心得報告

頁數：64 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣自來水股份有限公司 曾盛一 (04) 22244191 轉 354

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

藍炳樟 台灣省自來水股份有限公司第二區管理處 經理 (03)4643131

張嬉麗 台灣省自來水股份有限公司水質處 副理

(04)22244191

曾盛一 台灣省自來水股份有限公司供水處 工程師

(04)22244191

張光翹 台灣省自來水股份有限公司工務處 工程師

(04)22244191

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：自 96 年 10 月 28 日至 96 年 11 月 04 日

出國地區：澳洲

報告日期：97 年 01 月 6 日

分類號/目

關鍵詞：微囊藻毒、Giardia、Cryptosporidium、乾旱管理、SCADA

中文內容摘要：

先進國家在確保飲用水水質安全的努力方向，隨著隱孢子蟲 (Cryptosporidium) 及梨形蟲 (Giardia) 等致病性微生物之出現，以及水庫、

地面水體會有藻類產生藻毒之問題，目前在整體水資源策略上已有重大轉變，傳統觀念認為淨水處理加氯消毒即足以確保水質安全，由於致病性微生物散播之孢子大小約在微米( $\mu\text{m}$ )之譜，且具抗氯性，在防治上，為降低風險，必須引進多重屏障(Multiple Barrier)的作法，使水源集水區治理、水庫管理、原水取水、淨水處理、管網及用戶服務等環節，各構成防止致病性微生物入侵的防線，任何一道防線之失守，即有次一道防線扮演捍衛水質的角色。澳洲之水處理企(產)業為產官學研界合作之一成功案例，透過自來水業界、水務局、研究機構及工業界的充份合作，已解決包括飲用水天然有機物處理問題、藻毒防制問題、管網餘氯控制及廢水回收再利用等問題，我國在淨水處理問題之解決上，實可仿效此一模式，一方面可使學術研究更務實發展，一方面可提昇自來水業界之技術水準。

英文摘要：

From the time *Girada* and *Cryptosporidium* were proved as pathogenic protozoa that cause gastroenteritis infection. *Microcystis aeruginosa* could produce microcystins that were toxic to the liver of man body. The concept of drinking water safety changed to a different era. Tradition water treatment of disinfection by chlorination is not enough for the new era. Multiple barriers must be put in use for lowering the risk of microbiological factor. That is from pollution protection of catchment area , reservoir management , water intake control , water treatment enhancement and promotion care from distribution system to the client. We must

take care of each step as a barrier to keep out of any contamination in the drinking water. As we had seen in Australia, we found the water industries there have a very good cooperation with colleges and enterprises. SCD has the job of resource water pollution control. Water industry such as Sydney water produces water and CRC does the monitoring and R & D for solving the problem. We had seen MIEX plant that was set for solving organic compound problem in resource water. We had visited the research center for monitoring algae in the reservoirs. We had seen the works in Prospect Plant that works for 「Girada」 and 「Cryptospodium」 and the odor, smell produced by Algae. All of those policies in water industry and techniques are what we have to learned and should put in use in Taiwan.

# 目錄

一、前言 .....	7
二、觀摩學習目的.....	10
貳、考察過程 .....	11
一、考察行程 .....	11
二、參訪單位概述.....	12
(一)南澳水質研究中心(AWQC).....	12
(二)聯合水質與處理研究中心.....	12
(三)水資源管理國際中心(ICEWARM).....	13
(四)Mount Pleasant MIEX plant 高級處理廠.....	14
(五)雪梨水務局(Sydney Water).....	14
(六)Prospect 淨水場 .....	16
參、參訪心得 .....	18
一、2007 年 IWA-ASPIRE 會議.....	18
二、AWQC 及 CRC 參訪.....	20
(一)簡報 .....	20
(二)有機實驗室參訪 .....	21
(三)無機實驗室.....	23
(四)水處理小型膜廠試驗室.....	23
(五)微生物實驗室 .....	24
(六)生物實驗室.....	25
三、ICEWARM (水資源管理國際中心) 會談.....	30
四、MOUNT PLEASANT 參訪 .....	31
五、雪梨水務局及其監控系統.....	35
(一)整合性監控系統.....	36
(二)系統特色.....	37
(三)具體成效.....	39
六、PROSPECT 淨水場參訪.....	41
七、乾旱管理(DRAUGHT MANAGEMENT) .....	49
(一)乾旱管理計畫與執行 .....	55
(二)乾旱管理效能.....	57
肆、結論 .....	57
伍、建議 .....	60
陸、參考文獻 .....	64

## 圖目錄

圖 1	雪梨水務局各淨水場基本資 .....	15
圖 2	Prospect 淨水場處理程序流程圖.....	17
圖 3	2007 年 IWA 會議主席 .....	19
圖 4	IWA 開幕式會場 .....	20
圖 5	與 AWQC 及 CRC 人員午餐會談討論.....	21
圖 6	走廊上之代驗樣品.....	22
圖 7	實驗室安全設備及維護卡 .....	22
圖 8	無機實驗室 .....	23
圖 9	淨水處理實驗室.....	24
圖 10	微生物部門分例行檢驗及研究發展部門 .....	24
圖 11	real time PCR(隱孢子蟲鑑定).....	25
圖 12	Myponga 湖之微囊藻華之水樣 .....	26
圖 13	以碘液固定藻類.....	26
圖 14	濾膜濃縮固定法設備(與本公司相同，目前該實驗室已不使用)..	27
圖 15	例行鏡檢 .....	27
圖 16	藻類代驗樣品 .....	27
圖 17	藻類標準品 .....	28
圖 18	進入研究中心 .....	28
圖 19	與 ICEWaRM 中心人員會談 .....	30
圖 20	MIEX 再生機制示意圖 .....	34
圖 21	「MIEX」處理流程單元設計 .....	34
圖 22	DOC 去除比較表.....	35
圖 23	IICATS 系統架構圖 .....	37
圖 24	未採用 IICATS 前各水場出水量隨機分佈圖 .....	40
圖 25	採用 IICATS 後各水場聯合調配供水圖.....	40
圖 26	原水渠 .....	42
圖 27	長型膠凝接觸渠 1(contact channel).....	43
圖 28	長型膠凝接觸渠 2(contact channel) .....	43
圖 29	分流堰.....	43
圖 30	加藥室 .....	44
圖 31	氯化鐵加藥校正與緊急事故之淋洗器 .....	44
圖 32	Aquazur 濾床(一).....	45
圖 33	Aquazur 濾床(二).....	45
圖 34	助濾劑添加管線.....	46
圖 35	隱孢子蟲與梨形鞭毛蟲採樣濾管儲存 .....	47
圖 36	澳洲大乾旱 .....	50
圖 37	澳洲公園隨處可見之回收水水箱.....	52

圖 38	飯店內之節約用水宣導告示牌.....	53
圖 39	二段沖水馬桶宣導告示牌 .....	54
圖 40	公園內之第三階段限水公告 .....	54
圖表 41	四階段乾旱管理計畫 .....	56
圖表 42	五等級限水內部控管 .....	56

## 前言與觀摩學習目的

### 一、前言

澳大利亞位於南半球、東半球，介於南太平洋和印度洋之間，由澳大利亞大陸和塔斯曼尼亞等島嶼組成。澳大利亞四面環海，東南隔塔斯曼海與紐西蘭為鄰，北部隔帝汶海和托雷斯海峽與東帝汶、印尼和巴布亞新幾內亞相望。

全澳人口為 2,100 萬人，與台灣相當。澳大利亞總面積為 769.2 萬平方公里，佔大洋洲的絕大部分的陸地。海岸線長達 36,735 公里，雖四面環海，沙漠和半沙漠卻佔澳大利亞面積的 70%。

全澳可分為東部山地、中部平原和西部高原 3 個地區。全境平均海拔 300 米，87% 的面積低於 500 米，海拔 1,000 米以上的山地面積不到 1%，為地表起伏最和緩的大陸。全國最高峰科修斯科山海拔 2,230 米，最長河流墨內河長 2,520 公里。中部的埃爾湖是澳大利亞的最低點，湖面低於海平面 12 米。在東部沿海有全世界最大的珊瑚礁——大堡礁。氣候上北部屬熱帶，部份屬亞熱帶，少部分屬溫帶。全年平均氣溫北部為 27°C，南部是 14°C，內

陸地區乾旱少雨，年降水量不足 200 毫米，東部山區 500—1200 毫米。

澳大利亞大陸是世界上最乾燥的大陸，澳大利亞的飲用水主要是靠自然降水等其他方式。政府嚴禁使用地下水資源，因為經過調查得知，地下水資源一旦被開採，很難恢復。澳大利亞供水主要是靠大壩蓄水及湖泊且因日照強烈，故水庫、湖泊優養化嚴重，因此澳洲針對藻類監控及處理有很大之成就及經驗。自 2006 年受厄爾尼諾（聖嬰）現象的影響，澳大利亞大陸降雨大幅減少，各大城市普遍出現缺水現象，各個城市紛紛頒佈了很多限制用水的條例和法規，以期通過節水渡過乾旱。

在飲用水中微生物的影響，除細菌性水媒傳染病外，原生蟲隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲的影響亦日益重要。自 1971 年確定人類會感染隱孢子蟲疾病及分析方法建立後，人類對隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲的疫情才漸明朗。1993 年美國威斯康辛州發生隱孢子蟲感染疫情，40 萬人感染，其中至少有 40 人死亡。世界其他國家如英國、加拿大、日本神奈川縣、澳洲等國也都有感染案例。自來水公司為維護安全的飲用水，亦瞭解監測水中隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲是否存

在的重要性，自 2006 年起開始監測全省各水源及清水中的隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲含量。1998 年澳洲雪梨爆發隱孢子蟲疫情，事後雖證實為非事實，但已引起民眾的憂慮及信心的動搖，因此澳洲相關單位對隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲防備的策略及作法值得學習。澳洲相關單位在水源集水區治理、水庫管理、淨水效能之提昇及用戶關係與信心之建立上，均能有系統地結合產官學各界的力量，採取嚴密有效的作為，終能獲得豐碩的成果及民眾的信任與支持。

台灣自來水公司自 1980 年代即已開始斷斷續續進行各水源水庫中藻類的調查，惟當時只注意到藻類所引起水庫優養化問題及可能對水源水質所造成臭及色、味、濾床阻塞等問題，直至 1993 年級 1996 年巴西分別發生使用含藻毒素死亡，世界衛生組織於 1998 年訂定微囊藻毒在飲用水中的建議值為不得超過 1ug/L，水公司對藻類的關心轉為微囊藻毒的產生及處理。水公司經一連串的學習與努力，在 2006 年開始進行本公司 20 個使用水庫的例行藻毒監測，直至前為止水公司各水庫雖然藻毒數皆在 1ug/L 以下，甚至 0.16ug/L(最低檢測值)以下，但如何處理藻毒仍是水公司所必須了解與研究學習，也因此選擇目前世界

上，針對藻毒研究最為透測的澳洲水質研究中心為學習的標竿，並至其淨水場進行了解淨水處理程序，以為本公司藻毒處理的範本。

因此，本次考察除了參加 IWA 年會外，主要參訪的機構及單位有南澳省阿德雷德市之聯合研究中心水質及水處理部門及新南威爾斯省之雪梨水務局(Sydney Water)及所屬淨水場等，藉由聽取當地自來水相關單位主管人員之簡報，相互研討，並實地觀摩相關運作，蒐集相關資料，以作為本公司推動相關業務之參考。

## 二、觀摩學習目的

為瞭解澳洲各地之自來水相關事業機構如何處理做好水庫及地面水體之藻類監測、檢驗及處理隱孢子蟲(Cryptosporidium)及梨形蟲(Giardia)等問題及供水管理、淨水操作、限水政策，以及如何有效利用監控系統全面掌控產水、供水流程，以提昇飲用水系統管理及水處理技術之效能，確保用水供需平衡、達到最少操作成本，特由台灣自來水公司籃經理率水質處張副理、供水處曾工程師及工務處張工程師，前往澳洲考察，希藉吸收先進國家在水質及淨水管理上之經驗，作為本公司業務推展及改進之參考。

## 貳、考察過程

### 一、考察行程

考察期間為96年10月28日至96年11月4日止共計8日

日期			預定工作
月	日	星期	
10	28	日	由臺北啟程
10	29	一	1. 參加2007年IWA-ASPIRE開幕會議。 2. 赴阿德雷德
10	30	二	1. 參訪澳洲聯合研究中心(CRC)—澳洲水質中心(AWQC) 簡報與座談。 2. 參訪水資源管理國際中心 (ICEWaRM)。
10	31	三	1. 參訪Mount Pleasant MIEX Plant高級處理場。 2. 搭機前往雪梨
11	1	四	1. 考察雪梨水務局聽取業務簡報及座談 2. 參訪雪梨水務局監控中心並聽取簡報。
11	2	五	參訪Prospect淨水場。
11	3	六	1. 聯絡拜會雪梨當地僑界水處理專家學者 2. 資料整理
11	4	日	返回台北

## 二、參訪單位概述

### (一)南澳水質研究中心(AWQC)

南澳水質研究中心(AWQC)是南澳水公司所屬的一個研究單位。本中心於 1933 年創立時是南澳水公司的一個分析實驗室，由於加入對客戶服務的採樣、分析、建議及加入化學、微生物、生物、水環境生態、廢水、底泥及污泥等研究而漸漸發展成現在具國際水準的研究中心。

本中心於 1974 年獲得 NATA 化學認證，1979 獲得 NATA 生物認證，1997 獲得 ISO 9001 的品質認證，NATA 的實驗室品質認證主要是依據 ISO 17025 進行實驗室的遵循的標準，以確保實驗室品質，顧客亦能據此對分析的準確性、正確性有信心。

另有關「南澳水公司」則屬南澳政府所有，於 1995 年 7 月 1 日成立，其前身給水工程處成立於 1856 年。南澳水公司目前擁有 20 個淨水場、22 個廢水廠 25,000 公里供水管線、8,000 公里下水道管線，有員工 1,300 人，服務人口數為 150 萬。

### (二)聯合水質與處理研究中心

聯合水質與處理研究中心(Cooperative Research

Center(CRC)for Water Quality and Treatment)成立於 1995 年，將於 2008 年 6 月 30 日改制成為 WQRA(Water Quality Research Australia 澳洲水質研究中心)，為澳洲國家級水事業的策略研究聯合中心，董事長制，主要在從集水區、水庫管理、水處理到用戶水龍頭的配水系統水質管理及降低健康風險相關的研究，主要目標在合理水價下提供優良的飲用水。CRC 由各界政府機關、研究單位及水事業 29 個單位(parties)所組成，其中最大的研究成員即是 AWQC (南澳水質研究中心)。CRC 目前有 15 計畫分屬 9 個研究主題在執行。CRC 總公司地點即設在南澳水質研究中心內。

### (三)水資源管理國際中心(ICEWaRM)

澳大利亞是全球最重要的教育樞紐之一，所以教育是該國最重要的經濟產業之一，每年吸引不少來自世界各地的留學生前來升學，不僅為國家帶來豐厚的外匯，也為這個屬知識型經濟體系的國家吸納不少人才。

澳大利亞的教育在世界居於一流水準，延續了英國式的傳統菁英養成方式，雖然澳大利亞也有私立大學，但是最知名的學府幾乎都是政府的國立大學，這一點不同於美

國。澳大利亞多所知名院校培養出很多的精英，並產生過多名諾貝爾獎得主，至於其海外畢業生大多數活躍於澳大利亞本土、歐洲以及東南亞地區(例如新加坡和香港)。

水資源管理國際中心(ICEWaRM)，為因應水資源永續利用及水事業的日益重要而由南澳政府創新成立，成員包含澳洲三大名校、聯合水質與處理研究中心成員等，提供學習與水相關之研究，創立於2004年，為國際性水資源管理的英語環境之訓練機構。

#### (四)Mount Pleasant MIEX plant 高級處理廠

Mount Pleasant廠為CRC與南澳水公司(Southern Australia water,SA Water)合作，運用CRC與Orica化學公司合作研究生產之MIEX樹酯，成功去除原水中天然有機物(NOM)之淨水處理廠，出水量35,000CMD。

#### (五)雪梨水務局(Sydney Water)

雪梨水務局為世界上著名的水務公司，每年平均營業額20億美元，員工3000人，提供約全澳五分之一人口的飲用水、暴雨排水、廢水及環境等管理與服務，並為政府各項水及環境政策之制定者與管理者。該公司每日供水140萬噸，有五個主要水庫，及Prospect、Illawarra、Woronora、

Macarthur、Orchard Hills、Nepean、Cascade、Warragamba、North Richmond等9個淨水場(Water Treatment Plant)，其中4個淨水場採BOO(Built Own Operation)委外操作，供水部份有超過21,000公里以上管線，構成14個供水系統，供應雪梨都會區約一百七十萬用戶。

Privately owned water filtration plants (WFPs)			
WFP	Source	Supplies	Amount of water (millions of litres/day)
Illawarra	Avon Dam	250,000 people in Wollongong, Shellharbour and Kiama	210
Macarthur	Nepean, Cordeaux and Cataract Dams	200,000 people in Camden, Campbelltown and the Wollondilly region	265
Prospect	Warragamba Dam supplemented by Cataract, Cordeaux, Avon and Nepean Dams	80 per cent of Sydney	3,000
Woronora	Woronora Dam	200,000 people in Sutherland, Engadine, Menai, Lucas Heights and Helensburgh	160
Sydney Water's water filtration plants			
WFP	Source	Supplies	Amount of water (millions of litres/day)
Cascade and Greaves Creek	Five storage areas on the tributaries of the Grose River and partly from Lake Oberon	Blue Mountains above Springwood	50 (Cascade) 7 (Greaves Creek)
Nepean	Nepean Dam	Bargo, Buxton, Couridjah, The Oaks, Oakdale and Bellmbla Park	36
North Richmond	Hawkesbury Nepean River	Richmond, Windsor and local areas	50
Orchard Hills	Warragamba Dam	Greater Penrith area including Emu Plains, St Marys and the lower Blue Mountains as far as Springwood	215
Warragamba	Warragamba Dam	Warragamba, Silverdale, Mulgoa, Wallacia, and Luddenham	22

圖 1 雪梨水務局各淨水場基本資

## (六)Prospect 淨水場

Prospect Water Filtration Plant 是雪梨水務局委由 Degremont 公司操作 25 年(BOO, Built Own Operate)的淨水場，在雪梨西方 35 公里名叫 Blacktown 小鎮上，水源來自 Warragamba Dam 及 Nepean Dam 兩水庫，是世界上最大的一次就建造完成的傳統淨水場，於 1996 年 11 月啟用，設計出水量 300 萬 CMD(目前出水量約 110~120 萬噸)，提供雪梨市 400 萬人口百分之 80 的飲用水。全場計有操作人員 7 人(機電、檢驗、參觀等全包)、行政人員 5 人、廠長 1 人。

淨水程序為自水庫取原水，經前處理(添加高錳酸鉀氧化水中的錳並調整 pH 值)後，添加氯化鐵(Ferric Chloride)混凝劑，經接觸槽促進混凝產生膠羽後，再以快濾池(單一濾料)去除懸浮固體，實施後加氯、調整 pH 及加氯後，供應用戶使用，處理程序流程圖如下。

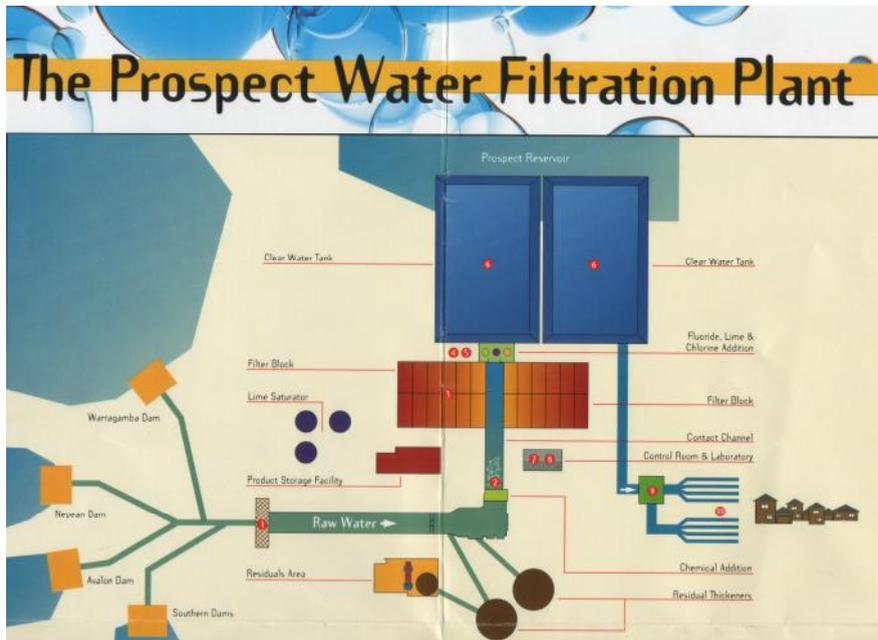


圖 2 Prospect 淨水場處理程序流程圖

## 參、參訪心得

### 一、2007年 IWA-ASPIRE 會議

#### 會議議程

2007年10月28日(星期日)	青年水處理專家、學者
2007年10月28日(星期日)	開幕前歡迎餐會
2007年10月29日(星期一)	大會及展覽會開幕式
2007年10月29日至31日	大會專題及研究成果發表
2007年10月31日(星期三)	本次年會晚會及閉幕式
2007年11月01日(星期四)	本次年會之技術參訪行程

1. Woodman Point Wastewater Treatment Plant & Subiaco Wastewater Treatment Plant
2. Neerabup Groundwater Treatment Plant & Wanneroo Groundwater Treatment Plant
3. Perth Seawater Desalination Plant & Water Corporation's Kwinana Reclamation Plant
4. Piney Lakes Environment Centre
5. Rottnest Island Environmental Management

(自行擇一參加，費用另計)

本次年會主席為**Dr Jim Gill(Chief Executive Officer, Water Corporation of Western Australia)**及**Prof Yoshimasa (Watanabe President, Japan Society on**

Water Environment) 兩位教授擔綱主持開幕式。



Dr Jim Gill



Prof Yoshimasa

圖 3 2007 年 IWA 會議主席

本次年會三天之技術研討發表會共計發表 163 篇論文，研討會計分為下列主題：1. 吸附 2. 曝氣氧化系統 3. 生化處理 4. 膠凝 5. 去鹽技術 6. 消毒 7. 過濾 8. 重金屬 9. 淨水處理—案例解析 10. 供水系統管理 11. 去氮 12. 事業廢水 13. 薄膜 14. 臭味去除 15. 有機物去除 16. 暴雨 17. 訓練 18. 水資源管理及監控 19. 濕地 20. 廢水處理之管理、回收、節能及去致病菌等 21. 水資源管理及循環使用等，並有全世界各地參展之水處理業者、工程規設業、器材商等與研討會相關之廠商計 400 餘個攤位參展。

台灣此次參加 2007 年會之團體體包含自來水協會、水利署、台北自來水事業處及本公司、成功大學環工所、台大環工所等共計成員 22 人，由自來水協會許

培中秘書長領隊，並於閉幕式時移接辦 2009 及 2010 年之 IWA—ASPIRE(國際自來水年會—亞太年會)。



圖 4 IWA 開幕式會場

## 二、AWQC 及 CRC 參訪

### (一)簡報

南澳水質研究中心有 160 個員工，因本中心屬南澳水公司，故成員皆為水公司員工。又因本中心為 CRC 之最重要一員，故部分員工亦是 CRC 的重要幹部，本次拜訪的 Mr. Mike Burch 是研究發展部生物研究的主任，亦是 CRC 的集水區到用戶類儲水部門計畫主持人；而 Dr. Dennis Steffensen 為本中心研究發展部生物主要研究，同時亦是 CRC 的副總裁。

本中心研究工作所涉及的層面有環境及自然水、淨水及廢水處理、飲用水、澳洲標準測試、廢水及品質管理等方面。研究中心以業務分為組織分實驗室（經常性業務）部及研究發展部。而研究操作分為微生物、生物、

原生動物、有機、無機、水處理實驗室等 6 種實驗室。  
本中心的業務 60%來自南澳水公司，40%來自非南澳水公司的業務，亦即 40%是商業行為。



圖 5 與 AWQC 及 CRC 人員午餐會談討論

## (二)有機實驗室參訪

主要利用氣體層析儀、氣體層析質譜儀、氣體層析質譜儀質譜、液體層析及離子層析等高級儀器，以美國水及廢水檢驗方法、美國環保署檢驗方法及澳洲標準檢驗法等方法（大部分皆已 NATA 認證）分析檢驗藻毒、消毒副產物、有機碳、農藥、揮發性有機氯化物、揮發性有機物、臭及味。



圖 6 走廊上之代驗樣品

針對藻毒檢驗方面，目前可檢驗 microcystin、anatoxin-a、nodularin、paralytic shellfish poisons、cylindrospermopsin 等，其中酒類及啤酒中 ochratoxin 藻毒之檢驗以獲得 NATA 的認證，最近水中 microcystin 及 anatoxin 藻毒 NATA 認證亦將會獲得通過。

本實驗室全身淋洗設備就設在門口，並在走廊上設有空氣氧氣測定器，實驗室內設有二氧化碳消防器、防火毯及洗眼器，洗眼器並每天放水沖洗維護一次。



圖 7 實驗室安全設備及維護卡

註:本中心並沒有用 ELISA 方法進行藻毒分析，詢問結

果，有機部門主任說明，該單位將以準備進行 ELISA 方法的測試。

### (三)無機實驗室

凡與水有關的飲用水、廢水處理、環境、底泥、土壤等物質的成分如陽離子、陰離子、營養源、重金屬等可測定。無機實驗室樣品皆直接放在走廊上似與本公司樣品皆儲放在冰櫃中之做法不同。



圖 8 無機實驗室

### (四)水處理小型膜廠試驗室

經參觀發現其實南澳的水處理研究，大部分是在現場進行一定規模以上的模場。



圖 9 淨水處理實驗室

#### (五)微生物實驗室

刷卡後始能進入實驗室，實驗室入口將員工依一般經常性例行工作人員（技術人員，20 人）與研究發展（研究員，9 人）分開展示。

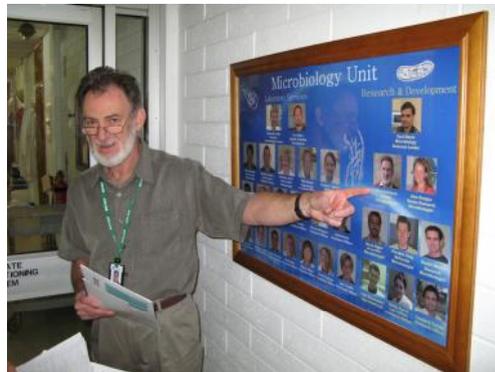


圖 10 微生物部門分例行檢驗及研究發展部門

本實驗室主要分四個單位；細菌、原生蟲、產品試驗室（與水相關之各種產品測試）、研究與發展試驗室。

除一般大腸桿菌檢驗、阿米巴原蟲外，本次參訪重點  
Cryptosporidium 隱孢子蟲與梨形鞭毛蟲 Girada 檢驗，  
Cryptosporidium 檢驗除例行免疫染色鏡檢方式外，2001  
年開始用 cell-culture PCR 方法，除能在數小時之內能確  
定是否為感染性之隱孢子蟲外，並用此方法研究氧化劑對  
隱孢子蟲孢子的效能、孢子對陽光及溫度的耐力及水處理  
及消毒劑對隱孢子蟲影響。為要求時效，並購置一台攜帶  
式 real-timePCR(即時聚合連鎖反應)。經研討本公司所使  
用的過濾濃縮免疫磁性抗體分離免疫螢光抗體分析法回  
收率在 50 至 60%間認為已經不錯。



圖 11 real time PCR(隱孢子蟲鑑定)

#### (六) 生物實驗室

生物實驗室主要為藻類及藍綠菌的檢驗與監測。本  
實驗室特點為平常即有 6 台顯微鏡進行例行樣品檢驗，每  
年 10 月至 3 月藻類樣品數，每個禮拜(5 天)約有 200 至

300 樣品，由 4 人進行鏡檢，夏天則會增加到兩倍量，由 6 人進行鏡檢。鏡檢計數採用手案計數器，參考圖鑑勝多，並於每年段時間採購標準樣品，進行鏡檢能力測試，鏡檢人員的訓練由資深者直接進行師徒訓練。經現場觀察發現其藻類樣品之固定原先亦採用與本公司相同之油滴固定，但已改為以碘化鉀固定後自然沉澱濃縮方式，較不破壞藻體。



圖 12 Myponga 湖之微囊藻華之水樣



圖 13 以碘液固定藻類



圖 14 濾膜濃縮固定法設備(與本公司相同，目前該實驗室已不使用)



圖 15 例行鏡檢



圖 16 藻類代驗樣品



圖 17 藻類標準品

註：南澳水質研究中心門禁管理：除進入大門須查證外，參訪外賓須由參訪人依序寫名冊並帶上識別證始能進入，各部門間由其化學部門、生物部門及微生物部門之間仍須刷卡進入。



圖 18 進入研究中心

澳洲聯合研究中心(Cooperative Research Center ; CRC) 成立之水質與水處理(Water Quality and Treatment)部門，作為政府、學術研究部門與自來水業界間之技術發展、支援與轉

移界面。因此對於水處理所發生的問題，如前述藻毒(Algae Toxin)及天然有機物等問題，都能於實際處理程序上以解決。

CRC的主要貢獻有：

1. 發展成功而廣汎之檢測技術，有助於水處理與水質管理：CRC致力於致病性微生物，如隱孢子蟲及梨形蟲、退伍軍人桿菌、阿米巴原蟲等項目之檢測，並於藍綠藻之鑑定及藻毒之測定上取得領先地位，利用先進儀器(GC/MS，HPLC/MS等)，準確分析臭味物質（如2-MIB；Geosmin）、藻毒(Algae Toxin)及消毒副產物（Disinfection By-Product；DBP）等，同時取得澳洲國家測試協會(National Association of Testing Authorities Australia；NATA) 認證，有效支援淨水處理程序之研究與評估。
2. 高級處理研究資源提供：CRC致力於各項淨水處理研究，且均能針對實際問題，予以解決，研究成果並提供水處理業界應用，如最適化程序以控制致病性微生物（如隱孢子蟲）；評估包括氯、氯胺、臭氧及紫外線等各種消毒方式之消毒量與消毒副產物產生量等，均極具實用價值。
3. 管網殘餘消毒劑量管理：管網中自來水消毒劑殘餘量攸關用戶水龍頭水質安全，而淨水場之加氯量及管網中之再加氯量，與出水型態(天然有機物含量)、在管網中之

反應時間及水溫三個因素有關，CRC成功整合「水處理原水DOC(溶解有機碳)去除模式」、「清水中DOC相對於餘氯衰減模式」、「餘氯衰減相對於三鹵甲烷生成模式」及「EPANET水力及水質管網分析模式」，可成功模擬管網系統中餘氯量及三鹵甲烷含量，作為淨水場加氯量及管網後加氯之依據。

### 三、ICEWaRM（水資源管理國際中心）會談

由中心業務推展國際事務負責人 Mr.Paul Saeki 及南澳大學教授(亦為聯合水質與處理研究中心教育及訓練中心主任)Pro.Dennis Mulcahy 接見，希望本公司有機會送同仁至該中心學習。該中心可提供學士後學位，並有少量的獎學金提供。



圖 19 與 ICEWaRM 中心人員會談

#### 四、Mount Pleasant 參訪

澳州的自來水因主要來自水庫，故除水庫優養及藍綠藻毒等問題需解決外，天然有機物(Natural Organic Matter；NOM)影響混凝加藥及管網餘氯消耗等的問題，亦需面對。

天然有機物存在原水中，會對淨水處理程序混凝劑之加藥量產生衝擊，澳洲阿德雷德市由於位處河川下游，為天然及人為污染彙集之處，河川含大量天然有機物 (NOM)，挑戰其水處理技術。經CRC研究顯示，欲達相同之處理濁度，高NOM之原水，反而需較低之加藥量。惟出水存在NOM，卻易消耗管網中餘氯量，造成管網中細菌再生(Regrowth)，使水質惡化，CRC經25年研究，發展出一種離子交換樹脂，可作為淨水程序之前處理，先行去除原水中之NOM，免除前述傳統淨水處理之困擾，並成功運用於實廠，效果良好。

Mount Pleasant 廠位於南澳 Wanneroo 山區，該廠於西元2000年7月開始建造，耗資1,500萬澳元(約新台幣3.2億元)，2002年3月開始營運出水，出水量35,000CMD。為CRC與南澳水公司(Southern Australia water,SA Water)合作之兼具模廠性質之實廠，該廠運用CRC與Orica化學公司合作研究生產之MIEX Resin樹脂(一種帶磁之粒子)，原文「MIEX」即為「Magnetic Ion Exchange」之縮寫，該淨水流程可成功去除原水(地下水)中天然有機物(NOM)，且可與傳統淨水操

作單元串連運用，不失為解決原水高有機物水質之有效方法，Mount Pleasant 廠目前為有二期設備，第一期為「傳統淨水設計」，第二期為「傳統淨水+MIEX 樹脂交換」，各期出水量為 18,000CMD，其處理後之清水經清水池混合後供水。

Mount Pleasant 為全澳兩個實際使用 MIEX 樹脂作為前處理，去除原水中天然有機物的淨水場之一，MIEX 樹脂添加於原水端，藉由攪拌作用使原水與樹脂顆粒充份混合，樹脂與吸附原水中天然物質後，藉樹脂比重較重之特性，於分離槽中將之分離，分離沉降後之樹脂可重覆再生使用，一次只需回收20%進行再生，即可確保天然有機物之去除；再生時僅需將欲再生之樹脂於鹽滷(Brine)進行攪拌，即完成再生。前述經分離槽分離後之上澄液(即經前處理之原水)，再經傳統淨水程序混凝、沉澱及過濾消毒等處理，即可產生水質優良，有機物含量低之清水。前述處理方式僅需設置攪拌槽、樹脂分離槽及樹脂再生槽，即可達成先去除天然有機物的任務，免除傳統淨水處理因原水中含過量天然有機物，造成混凝效果不佳、產生過量三鹵甲烷等消毒副產物及輸水管網中餘氯消失與微生物再生(Regrowth)等困擾。

回收再生樹脂所產生之鹽滷，由於含有高濃度的天然有機物質，原本即是天然環境中的物質，因此用於農作花卉施肥之用，並不會造成環境污染。

Mount Pleasant 淨水場估計，使用MIEX 樹脂進行前處

理後，約可省下傳統淨水處理一半以上之混凝劑用量。

該廠於設計時即設計平行 (parallel) 程序，一部份經MIEX 樹脂前處理再經傳統淨水處理；另一部份直接進行傳統淨水處理，以不影響現有處理程序之方式，比較及評估處理成效，後端部份再設以微過濾 (Microfiltration) 系統，一樣採平行設計，可評估經前端程序，再經薄膜處理 (Membrane Filtration) 之效果。

該廠之本項專利淨水流程具有下列特點：

1. 可改善淨水處理中之「口感、色度、臭度」問題，並阻斷減少管網藻類生成之營養源。
2. 可減少用氯量
3. 可減少用藥操作成本。
4. 可減少消毒副產物 DBPs(如 THMs)發生機率。
5. MIEX Resin 可現場再生且損耗率甚低(約 0.1%)
6. 可與傳統淨水操作單元並連運用。
7. DOC 去除率可由 12PPM 降至 1.5~2.0PPM

有關 MIEX Resin 之再生機制如下：

Chemistry of DOC exchange with MIEX<sup>®</sup> DOC resin

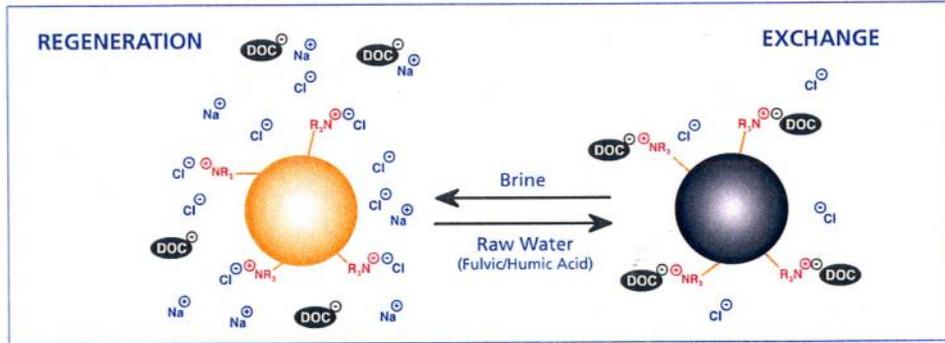


圖 20 MIEX 再生機制示意圖

該該場之「MIEX」處理流程單元設計如下：

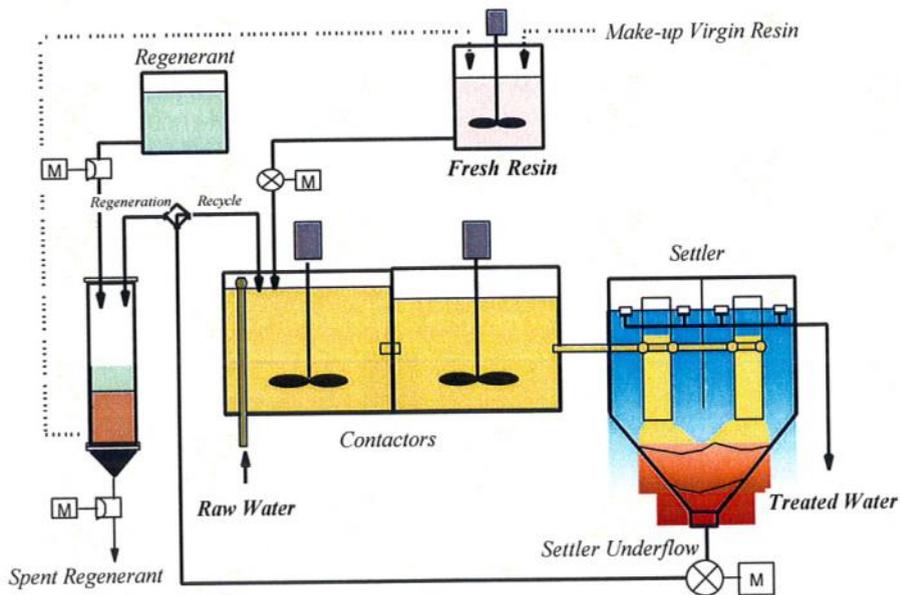


圖 21 「MIEX」處理流程單元設計

依據該場營運至今之整體表現，DOC 之去除情形比較另一套「僅以硫酸鋁之傳統淨水處理」有 4mg/l 減至 2mg/l 改善效果，另外同在澳洲之 Airey's Inlet 廠則更佳 10mg/l 減至 2mg/l 之效果。

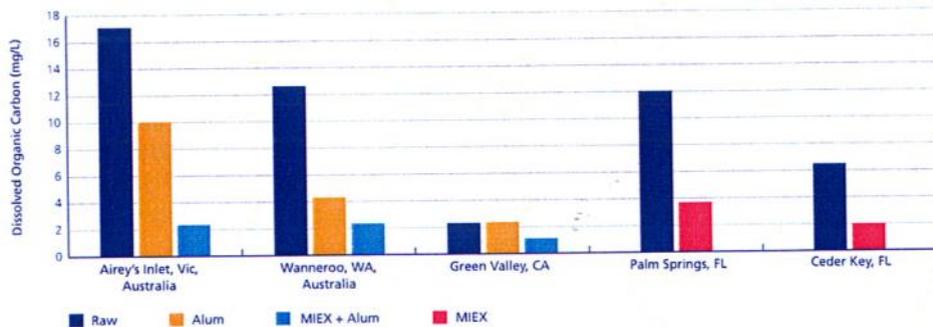


圖 22 DOC 去除比較表

## 五、雪梨水務局及其監控系統

雪梨水務局目前之重點業務區分為事業、生活廢水處理、水循環使用、地面水管理、水質提昇、限水政策、長期節水政策及海水淡化廠之設置(2007年海淡廠25萬CMD產能，計劃2009年增至20萬CMD產能)等，該局目前廢水接管率已達85.7%(全局供水量140萬CMD，其中120萬CMD廢水接管處理)，2007年雖僅有將近3%之廢水回收循環使用率(即全部120萬CMD廢水中有3.6萬CMD廢水循環使用)，惟至已訂定長程計劃，將於2015年提昇至16.2%之廢水回收循環使用率，並已研訂更嚴格之節水措施及限水政策，計劃於2008年將節水措施常態保持於第三階段，以有效節制運用水資源。

監控系統乃近年來水處理操作管理重要的一環，本次所參訪之各淨水場及抽水站等，均已進入高度資訊化整合之管理模式，有些系統甚至一再增資以更新設備擴充功能，較小

的廠或點亦同步規劃設置。圖形化之人機介面為主要之訴求目標，全廠流程透明化、數位化、動態化的全面全程管控即為現代化之利基所在，電子化後之資訊儲存更發揮分析研究之重要功能，因此品質提昇、人力成本下降、應變能力增強及即時透明的服務，都是拜軟硬體之監控科技所賜，也是未來必須朝向的趨勢主流。

### (一)整合性監控系統

雪梨水務局所轄之監控中心：舉凡水壩、淨水廠、抽水站、配水池至用戶，所有相關之水質、水量、水壓、水位及設備運轉情形，均納入雪梨水公司內之監控中心全程監控，其設立宗旨係對於整體水資源管理，利用整合策略提供一個更有效的方式和途徑，簡稱為 IICATS(Integrated Instrumentation Control Automation and Telemetry System)，可以說是架構在廣域網路(WAN)上的一套監控管理系統(SCADA)。

目前 IICATS Water 之系統範圍包括 14 座水庫、9 個水處理廠、268 個蓄水池、153 個抽水加壓站、370 只流量計、440 個電動控制閘、440 個水質監測站、680 個水壓監測點及長達 3,100 公里的輸送管網，其中監測點約 70,000 個，另建置 640 個污水抽水機站，建置投資金額約新台幣 28 億元。未來的目標將涵蓋遙控監視 30 個污水處理廠、200 個水壓監測點及 150 水質監測站。

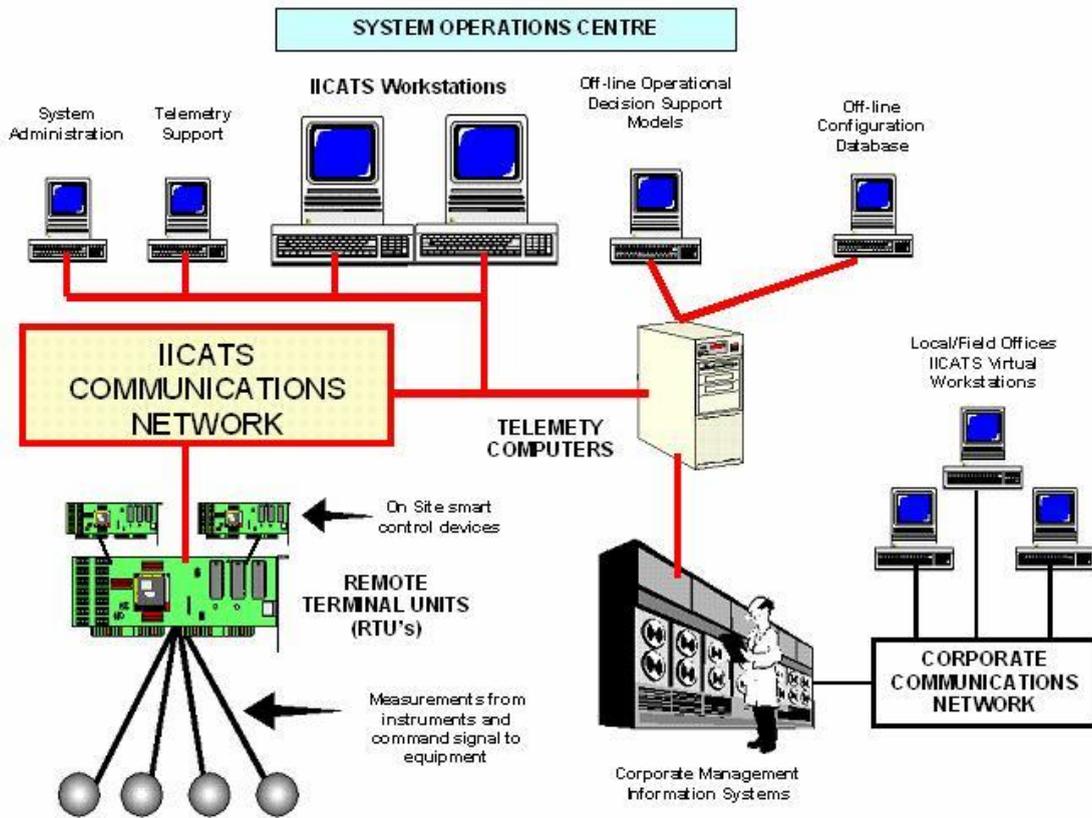


圖 23 IICATS 系統架構圖

## (二)系統特色

IICATS 主要之特色及實施成果如下：

1. 在控制中心可以遙控重編遠方監控設備之控制程序。
2. 將系統中所有設備作為整體考量，使整個系統之運轉能達到最佳化。
3. 監測警報系統提供更準確的診斷數據和更高的可靠性。
4. 直接觀測各監測量之實際趨勢圖，提供迅速之檢

視以瞭解現場即時之變動。

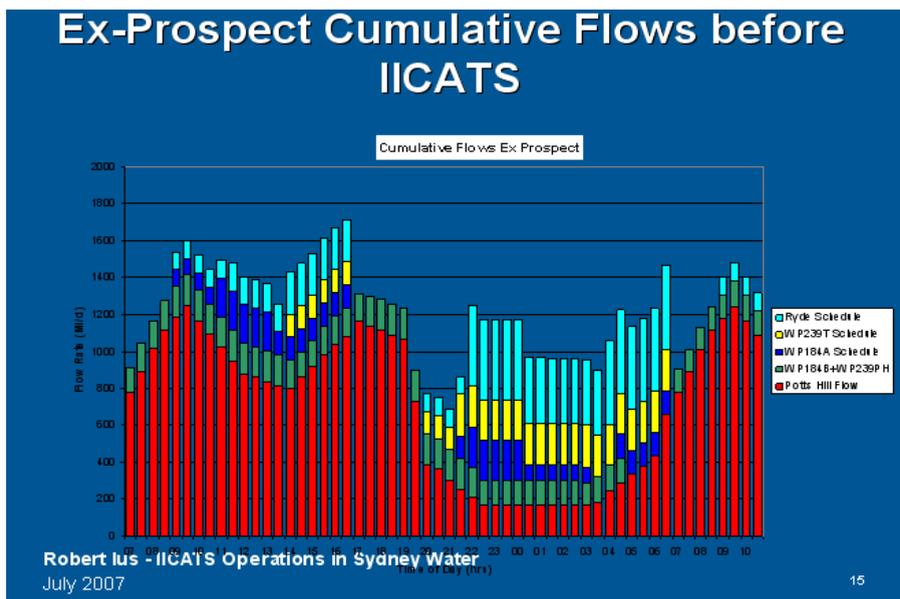
5. 觀測實際趨勢(流量、壓力、濁度等等)。
6. 提供緊急狀況下之決策支援功能，提昇快速應變能力。
7. 採中心集合管理，每日二十四小時連續運作。利用遙控監測功能進行系統化操作：
  - (1) 協調操作供水系統。
  - (2) 監測及控制正常及緊急情況下的供水系統。
  - (3) 警報整合機制連結維修管理部門，進行維修、校正及參數調整作業，提高供水服務品質。透過控制中心遙控修改程序和減少人員外修，每年節省人工費約新台幣 6 千萬元。
  - (4) 預測供水需求量，向淨水場預訂供水需求量及設定與供水量相因應之系統操作。
  - (5) 最低的能源消耗。透過配水池水位最佳化調整，改善抽水機之運作。估計已節省約合新台幣 3,000 萬元之能源成本。
8. 每日系統操作最佳化：
  - (1) 預測每日需水量。
  - (2) 計畫水處理量。
  - (3) 計畫使用多少抽水機和閘門運作。
9. 精確且迅速的資料統計及報表功能，使得各項表現符合政府訂定之法規及營業執照。

IICATS 系統有關水量預估部分，係利用歷史資料庫之累積分佈資訊，依據演算模式得出供需之預估值，再以即時之水量累計值，採每小時核驗方式來進行後續之操作調整，然後不斷修正直到符合原先預估之範圍內。並藉由 GIS 系統之輔助可結合網路管理最佳化模式提供決策支援及規劃作業功能，使系統運作更加穩定可靠。

### (三)具體成效

Prospect 淨水廠乃轄區內最大的飲用水供應來源，其餘的水處理廠依供水計畫可分為 Ryde Schedule、WP239T Schedule、WP184A Schedule、WP184B+WP239PH 及 Potts Hill Flow 等五個區域。在啟用 IICATS 系統之前，每日出水量之分佈呈隨機非相關性變化；但啟用 IICATS 系統之後，藉由系統預估需求並即時自動調配運作，各個水廠相互之間可發揮互補負荷、穩定總出水量的效果，除 Prospect 淨水場之外，大約每日維持在 130 萬噸左右，而清水配水池之容量雖有 44 萬噸之多，但實際使用約 14.7 萬噸即可滿足供水需求，系統之效益顯而易見。

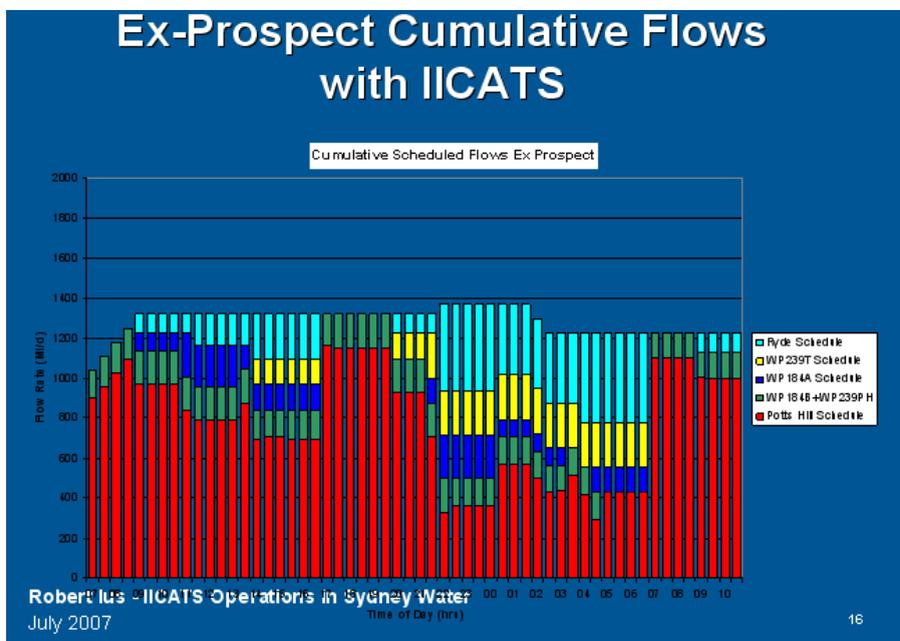
## Ex-Prospect Cumulative Flows before IICATS



Sydney  
**WATER**

圖 24 未採用 IICATS 前各水場出水量隨機分佈圖

## Ex-Prospect Cumulative Flows with IICATS



Sydney  
**WATER**

圖 25 採用 IICATS 後各水場聯合調配供水圖

## 六、Prospect 淨水場參訪

雪梨大部份的淨水場仍採取傳統混凝、沉澱、過濾及消毒等傳統淨水處理，消毒採用加氯或氯胺消毒，並依健康加氟法案(The Health Fluoridation Act)依法於水中加氟。prospect 淨水場為雪梨水務局所轄最大淨水場，出水量佔大雪梨地區約80%。該場淨水流程如下：

### (一)原水

prospect淨水場水源主要來自WarragambaDam 及 Nepean Dam兩水庫，其中又以Warragamba Dam 水庫為主，Warragamba Dam原水主要來自8條河川，集水面積遼闊(佔大雪梨地區集水區16,500平方公里之80%)，污染源自然也較多(集水區汙染管制是由SCD” Sydney Catchment Authority”雪梨集水區管理局負責)，每年6及7月為該地雨季，營養源隨雨水進入水庫，跟著而來的是溫暖的夏季，藻類繁殖生長，本水庫優勢種藻類即是會產生微囊藻毒的microcystis。本場原水水質風險除了有水華，即藍綠藻滋生問題外，在1998年發生梨形鞭毛蟲Girada及隱孢子蟲Cryptosporidium感染事件：為避免藻類的影響，在水庫水面下40~50公尺處取水；針對原生動物則每禮拜6天採樣進行原水梨形鞭毛蟲Girada及隱孢子蟲Cryptosporidium的監測(樣品收集後送AWQC澳洲水質研究中心檢驗)。



圖 26 原水渠

## (二)原水前處理

原水(參觀當日原水濁度5.3NTU、pH6.8)由管線送至淨水場，經過篩網以網除魚、鰻魚和樹枝等雜物後，以開放式溝渠進入淨水場後，經高錳酸鉀加藥點，於原水含高濃度錳時去除錳，更可加氯以氧化產色之物質(以上兩種藥劑是必要時才加)。高錳酸鉀加藥點之後，圳路即分兩路進行，並各自添加石灰(或硫酸)調整酸鹼度在7.2~7.1。

## (三)膠凝

原水在調整酸鹼度後，由原先之2道渠減速進入4條(7.4M深)長型膠凝接觸渠(contact channel)。於膠凝接觸渠渠道中先行加膠凝劑氯化鐵，然後利用一套可同步加陽性高分子助凝劑及石灰水調整酸鹼度至8以上之設備，參觀當日4條渠道陽性高分子助凝劑polyDADMC (polydiallyl-dimethyl ammoniumchloride)加藥量為分別為1.9、1.9、1.9、2.0mg/L，pH分別為9.41、9.13、9.20、9.35。pH調整後之原水在進入過濾前，在膠凝接觸渠後端加助濾劑(非離子高分子magnafloc Lt25 anionic

polyacryamide)0.035mg/L，原水再流經一八角型之分流  
整流堰，分流至4大過濾區。



圖 27 長型膠凝接觸渠 1(contact channel)



圖 28 長型膠凝接觸渠 2(contact channel)



圖 29 分流堰

註：本廠所有的加藥系統全部於加藥室以自動加藥機控制，加藥室除一字排開之加藥機外，緊急工安設備淋洗設備及排水設備皆井然有序，加藥室所有管線皆以顏色區分，如排水管線為紫色，清水管線為綠色。



圖 30 加藥室



圖 31 氯化鐵加藥校正與緊急事故之淋洗器

#### (四)過濾

原水流經八角型之整流堰後，分流至4個長方形過濾區，每個過濾區含6座Aquazur V快濾床，每個濾床的過濾面積為237.9m<sup>2</sup>，濾床砂深度為2.1m，砂的粒徑為1.7~1.9mm。

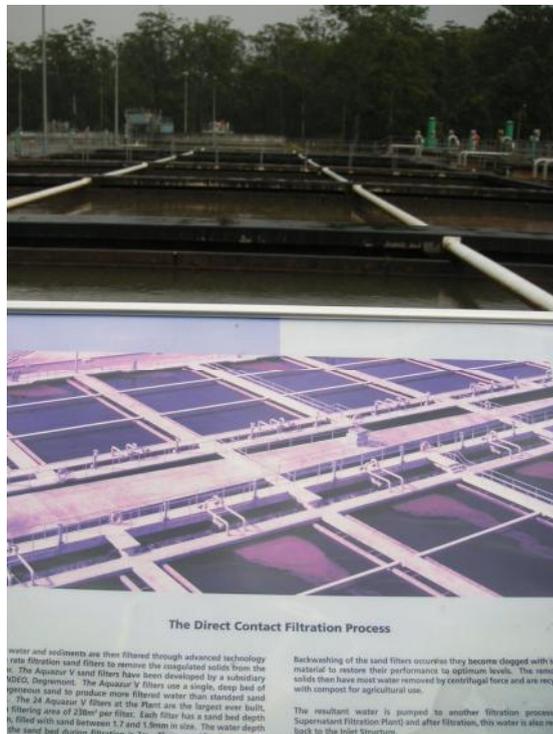


圖 32 Aquazur 濾床(一)



圖 33 Aquazur 濾床(二)

濾床反洗為水洗加氣洗，反洗廢水被送至濃縮池，加非離子高分子以濃縮污泥，汙泥中固體物以離心脫水後，再送至乾燥床自然風乾後回收做堆肥再利用。



圖 34 助濾劑添加管線

過濾水經石灰水再調整 pH 值，並添加氯及加氯消毒後貯存在 Hypalon 製的浮動式膜蓋的 10 萬噸蓄水池(兩座)，參觀當天清水 pH 為 7.81、餘氯量為 1.45mg/L、濁度為 0.05NTU。

#### (五)實驗室分析

所有進場或出場的水皆經自動監測或人工採樣檢驗水質，原水的檢項有錳、藻類、真色、硬度、鹼度、溫度、濁度及電導度，清水則檢驗真色、味、色度、氟鹽、氯鹽、pH、鐵、鹼度、錳、鋁、導電度及濁度。



圖 35 隱孢子蟲與梨形鞭毛蟲採樣濾管儲存

#### (六)自動操作控制

全廠之操作運轉係透過電腦控制中心內之監控管理系統(SCADA)來達成，這套系統可以自動監測及蒐集所有必要之水質資料，利用警報功能管控程序上每一階段之處理情形，並予以儲存分析。操作者可於中心內的電腦工作站上，直接點選執行遙控操作，也可隨時比較各單元間的處理效果。透過完整淨水程序SCADA 系統之建置，可使全廠操作、擷取數據及警報管理自動化，操作人員可於第一時間處理事故，有助於整廠管理。

偵測系統是得知水質數據之重要方法，取樣管路之設計經常困擾淨水場之技術人員，如何因時因地制宜，將水

樣正確可靠地輸送至偵測儀器或實驗室內，著實是一件相當關鍵的課題。Prospect 淨水場全場採不銹鋼管鋪設取樣管路，管線配置清楚整齊，處理池上以明管固定安裝，動力抽取皆納入監控系統中，進入實驗室後分為線上取樣及實驗室手動取樣兩類。快濾池地下管廊有關每池出水濁度、水頭損失及粒子數等之偵測，亦採不銹鋼管配置，共區分為四大區塊，再連結至各區之現場監控次系統中。偵測器之廠牌多以美國製及澳洲本地製為主。整個取樣系統配置明顯、可靠、美觀、易於辨認且易於維修。

#### (七)後加氯

配水系統視需要用氯或氯胺消毒。

#### (八)配水系統

場區建有20萬噸清水池兩個，可緩衝供水需求，提昇淨水處理操作之穩定性(不因出水量變動而影響操作負荷)，另外，亦可降低淨水場臨時性或暫時性因應處理緊急事件時之出水壓力。供水只要分成8個主要幹管4個壓力管，主要供給鄉鎮地區，此4幹管採用氯消毒。另外4個幹

管為重力流，主要供給雪梨市區飲用水，以氯胺消毒。

#### (九) 污泥處理

沉澱污泥經適當沉降濃縮後，上澄液回收併同反洗廢水一起處理，濃縮泥漿(slurry)以乾燥床(Drying Bed)進行乾燥，此設計係取澳洲地大氣候乾燥之特性，然由其處理設計之完整，確亦顯示其重視環境保護之特性。

#### (十) 反洗廢水處理

反洗廢水之處理常造成淨水處理之困擾，反洗廢水中若含有被過濾池濾除之隱孢子蟲孢囊，藉由在程序中回收，會使隱孢子蟲孢囊在程序中不斷濃縮，造成出水穿透之風險。Prospect淨水場之反洗廢水經完善之廢水處理，借添加高分子助凝、沉澱、及砂濾後，再回收至原水端，可降低隱孢子蟲孢囊穿透之水質風險。

### 七、乾旱管理(Draught Management)

澳洲自 1998 年至 2007 年遭逢史上最乾旱的年代，澳洲多省之農業及畜牧業均蒙上嚴重影響，連一般民生公共給水亦受到波及，甚至成為在 2007 年底澳洲大選重要議題之一。



圖 36 澳洲大乾旱

事實上澳洲這次十年期之連續乾旱，是百年來最嚴重的一次，學者警告，這跟全球溫室氣體排放，導致氣溫上升有很大的關係，如果溫室氣體再不減量，澳洲的乾旱程度會越來越嚴重，不只乳品，像是羊毛、羊肉價格都會受到影響。

乾旱的天氣、大地龜裂，動物渴死的骨骸大量出現，甚至還有森林大火、四處蔓延，位於南半球的澳洲天氣因為緯度的關係，天氣原本就容易乾旱，但學者分析，這百年來最

嚴重的旱災，跟全球溫室氣體排放有很大的關係。

學者指出，溫室氣體讓全球升溫，澳洲最近五十年溫度也上升了 0.6 度，賴以維生的畜牧業，因為草原乾枯而大受影響，不只乳品價格上揚，羊毛也已經大漲 33%，整體農產品出口就下降了 35%。諸多學者指出，全球排放大量的溫室氣體，導致氣候越來越極端，澳洲幾乎是氣候變異的典型代表，再不想辦法減少溫室氣體的排放，我們日常生活中將承受的後果也會越來越多。

本次訪查之行，對於澳洲政府及各省水務局之宣導、因應措施及各項努力之作為，稍一番整理如下，可作為我國乾枯時期因應處理之參考。

原則上各省一般在四級限水措施之下，對居民用水之限制大致如下：

第一階段：向民眾發出，發出水資源短缺警訊，宣導民眾節約用水，尚不作限水措施。

第二階段：大型用水戶(如游泳池業者、大型工業用戶、洗車業者、觀光旅遊業者)作總量監控。

第三階段：限水措施由上述大型用水戶之總量監控，擴展至一般用戶，其措施包括：

1. 澆花、時間限定在早上 10 時前或下午 4 時以後且一星期內僅限二日(例如星期三、日)，且限定必須以人工手持水澆灌。



圖 37 澳洲公園隨處可見之回收水水箱

2. 擁有 10 噸以上之公立、私人泳池的用戶必須取得水利單位批准，才能為泳池補水。
3. 使用水管必須加裝啟動閥，並且禁止沖刷路面及含不透水表面之物體(例如房舍及車輛)，除非遇上火災等意外。
4. 消防栓之使用僅限於救火，不得使用於其他用途。

第四階段：

開始由水務局及省政府派員遊查取締並嚴格執法，違反規定得以由水務機關開單告發。

雪梨水務局更在 2006 年 3 月起施行「永久水源節省守則(約如平時之第三階段限水措施規定)」如限制花園用水

時間、禁制用大口徑水管沖刷路面、泳池補水需事前申請等，並宣布限水新制，即地方水利單位在儲水量到達警戒線時，即應採行第 4 階段限水措施，以確保安全用水量。除由水務單位及家用物品積極開發省水裝置外，並將家用之洗衣機、洗碗機、馬桶等用水裝置區分其省水等級，將之區分為 1 至 5 顆星等，5 顆星為最省水環保之器具，並以之鼓勵及判別該用戶是否得以在私用游泳池內添加自來水之依據：



圖 38 飯店內之節約用水宣導告示牌

1. 泳池加蓋（防止蒸發）。
2. 家內所有淋浴水頭均為三顆星以上的節水型。
3. 所有廁所都有雙沖選擇（滿、半）。
4. 所有洗衣機均為四顆星以上的節水型。



圖 39 二段沖水馬桶宣導告示牌

至於宣導品則幾乎是遍佈在所有旅館、飯店、公園、機場等，並在電視、公共場合媒體上一再播放，故節水、愛護水源之觀念已深植每個澳洲人心中，而已他們大部份已身體力行，「節水及愛護水源」幾乎已是道德層次之問題。



圖 40 公園內之第三階段限水公告

乾旱管理為在入流量持續低於平均入流量狀況下，為維持原水供應之安全性，所必需採取的一系列行動。雪梨地區由於具有入流量不穩定，明顯氣候變異及用水需求持續上昇等特性，有效率之乾旱管理，益形重要。

### (一)乾旱管理計畫與執行

水庫儲水及入流量，已不敷目前或未來用水需求時，澳洲政府即啟動乾旱管理機制。計劃性之乾旱管理依據歷年之氣候及蓄水量狀況，分為四階段啟動：

階段	階段名稱	啟動時機	行動與作法
一	乾旱監視	1. 儲存水量為70% 2. 夏季或乾旱來臨 3. 氣象局及流域管理局預報	1. 設立乾旱管理委員會 2. 對政府提出建議
二	乾旱警告	1. 儲存水量為65%(約餘平均2.6年之用水量) 2. 持續未下雨 3. 氣象局及流域管理局預報	1. 啟動媒體宣導 2. 設立乾旱執行部門
三	乾旱	儲存水量為60%(約餘平均2.4年之用水量)以下至25%	1. 啟動五等級限水* 2. 強化媒體宣導
四	緊急乾旱	儲存水量為25%	海水淡化廠開始運轉；減半(50%)

		供水
	儲存水量為10%	供水80萬CMD(約20%)
	儲存水量為5%	供水50萬CMD(約10%)

圖表 41 四階段乾旱管理計畫

水資源單位內部控管之五等級限水區分為：

限水等級	原水儲存量比例	限水減供比例
1	55%	7%
2	45%	12%
3	40%	20%
4	35%	30%
5	25%	50%

圖表 42 五等級限水內部控管

由其乾旱管理計畫發現啟動乾旱時，可彈性運用水量，比起我國尚屬充裕，卻先實施早期預警制度，預作準備並爭取民眾認同。本次考察適逢雪梨地區啟動第三階段乾旱管理，禁止於日照強高蒸發時段(上午8時至下午5時)，以噴水方式澆花及以水管對堅硬表面(Hard Surface，如道路、房子及汽車等)撒水或洗滌，違者罰220元澳幣(合約5000元

臺幣)，由雪梨水務局雇用稽查人員進行稽查。

## (二)乾旱管理效能

澳洲流域管理局有一套效能評估方法，以三個標準來評估水源管理調度效能：1. 安全性(Security):10萬個月中不得超過一個月原水供應系統失常。 2. 強健性(Robustness):10年中不得超過一年發生限水。 3. 可靠度(Reliability):限水時段不超過全供水時間的3%。評估時以WATHNET模式進行分析，其為一種水平衡(Water Balance)模式，具進行模擬評估現況與指式最適化操作規則之功能。

## 肆、結論

### 一、Prospect Water Filtration Plant 是 300 萬噸 CMD 淨水

場，建造完成並委託操作 25 年，由 7.4 米深的長型膠凝接觸渠及其渠中所放置特殊設計的加藥設施，可以了解到「良好設備是營運成功的第一必備條件」。

### 二、pH 控制在本淨水場似乎是相當的重要且容易，本場應用

自動控制、流量控制及各種酸、鹼藥劑石灰水、硫酸、氫氧化鈉等很精準的控制全場各流程中的 pH 值，此種作法值得學習。兩座各 10 萬噸的清水池亦是我們所無法想

像的。

三、針對 1998 年所謂的梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲問題，介紹者認為經該廠研究(研究報告資料太多不便提供)，該廠並沒有梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲問題，那是檢驗上出了問題，雖如此該廠仍進行原生蟲檢驗監測。針對藻毒問題，認為該廠無藻毒問題，但有色及臭問題(進行藻類、藻毒檢驗監測)，必要時以高錳酸鉀及氯進行氧化處理。藻類、藻毒及隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲檢驗為本行程最重要任務，澳洲水質研究中心藻類鏡檢人員依照季節不同而調節，而鏡檢以碘化鉀固定後自然沉澱濃縮方式可為本公司參考應用。藻毒檢驗該中心採取精密儀器氣體層析-質譜-質譜方式為本公司努力目標。隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲檢驗則不僅使用本公司所使用之免疫染色鏡檢方法，而是運用分子生物學確認性具感染力的原生蟲，此亦視為可資為借鏡的地方。

四、由本場的淨水流程設計及處理方式，可以了解傳統淨水處理即可處理藻類衍生問題，而利用助濾劑將清水濁度降低，是防止梨形鞭毛蟲及隱孢子蟲問題的首要策略。

五、本次參訪雪梨水務局監控中心及其 Prospect 淨水場相關

監控系統，發現值得學習之處如下：

- (一)不同時期、不同廠商所建置之監控系統，整合技術的問題將直接影響日後之運作及效能，雪梨水務局藉由標準介面的統一訂定，來規範各系統間連結的平台，不管是採用哪一種硬體架構，都必須能納入既設系統中，尤其著重在高階方面的整合應用。
- (二)擁有公司內部專屬的技研團隊，對於監控軟硬體相關設施之維修，具有高度的自主性與專業性，這是維持監控中心正常運轉的重要關鍵。系統上無論是既設或新增擴建，都能提供最佳之監督與品管，而操作上更能迅速有效地排除故障降低影響層面。
- (三)雪梨水務局運作及控制中心將水壩、淨水廠及輸配管網全部整合，同時建置衛星氣象及水文工作站，充分展現「水源至用戶水龍頭」(From Catchment to Tap)的管理理念，值得本公司參考學習。
- (四)雪梨水務局監控中心目前所使用之監控應用軟體為美國 GE 公司 Cimplicity 產品，與本公司部分單位所採用的架構相同，人機介面、趨勢分析、警報功能及畫面設計等均相當類似，本公司日後規劃整合可參考此一世界發展趨勢。
- (五)監控中心具備所有必要之監測及控制功能，大廠站部分只監視不遙控，無人點站則由中心監視並執行遙控操作，與目前本公司各淨水場站所採之規劃理念相

符。

- 六、藉由良好的自動監控管理管網，除了可以及時知道管網系統內供水情況，迅速反應調配水外也可以知道水管壓力異常而予判斷是否漏水，及時修復達到降低漏水率的目的。
- 七、委託專業水處理公司操作符合飲用水標準是可行的，只要配套及契約規定完善應可執行，以解決本公司目前人力短缺窘境。

## 伍、建議

- 一、先進國家在確保飲用水水質安全的努力方向，隨著隱孢子蟲(Cryptosporidium)及梨形蟲(Giardia)等致病性微生物之出現，已有重大轉變，傳統觀念認為淨水處理加氯消毒即足以確保水質安全，由於致病性微生物散播之孢子大小約在微米( $\mu\text{m}$ )之譜，且具抗氯性，在防治上，為降低風險，必須引進多重屏障(Multiple Barrier)的作法，使水源集水區治理、水庫管理、原水取水、淨水處理、管網及用戶服務等環節，各構成防止致病性微生物入侵的防線，任何一道防線之失守，即有次一道防線扮演捍衛水質的角色。

(一)在集水區治理方面，依多重屏障的觀念，應儘量降

低人為活動及畜養牲口，並注意河岸管理(最易帶入暴雨沖刷污染)，有效運用流域模式及追蹤劑研究等工具，找出主要污染源，進行矯正，矯正作業之實施，以提供權益相關民眾誘因(Incentive)、相關土地使用資訊及溝通輔導為主，法規規範為輔。

(二)在水庫水質管理上，除定期監測水質外，應注意水體層化(Stratification)之發生，採用機械混合及彈性調整原水取水深度之策略，以降低水庫上游集水區之沖刷風險。水庫供應下游淨水場之原水應有一定的水質合格規範(如水中不含隱孢子蟲孢囊及有毒藻類等)，以降低淨水處理因突發水質惡化變動狀況，造成出水水質之風險。

(三)在淨水場取水策略上，由於國內環境一般無替代水源之設計，應以避開暴雨沖刷(Runoff)之高濁度原水，為降低水質風險要務。

(四)在淨水處理上，強化淨水場操作管理為要務，除應達成單元處理(含混凝、沉澱及過濾)之最適化外，單元水質目標之設定，連續監測設施之設置、場區SCADA及警報系統之設計均為必要。以過濾池操作效能為例，先進之淨水場每一過濾池均設有過濾水連續濁度及粒子數偵測設備，並設定過濾水濁度及粒子數水質目標，一旦超出內部控制

值，即發出警報，值班人員即應立即處理或改進。

(五)淨水場就如同生產線，為提昇產出之自來水品質，淨水場應持續進行改善，適當引進品質管理系統，作為淨水場管理之基礎，可對現有管理進行檢核與督促，而對提昇管理效能及水質有所助益。

(六)完善之淨水場廢水污泥處理，不僅為符合環保要求，亦為提昇處理水質的後盾。國內的淨水場或由於建廠較早，或由於環保概念之缺乏，對於沉澱污泥及反洗廢水之處理設備設置，均不夠完整，無形中帶來淨水操作管理之壓力，昇高出水水質之風險，未來應強化廢水處理設備之系統設計與投資。

二、淨水場能穩定操作，產生可信賴的出水水質，處理水量的穩定為一關鍵，建立一個供需有效調度之機制，原水端藉由水庫之有效調節，出水端藉則必須由管網端有效調配。

三、澳洲各地的水務局，原則上均有一個營運的宗旨，即「用戶滿意」，在飲用水水質方面，符合國家飲用水水質標準為基本要求，提昇用戶對飲用水之觀感才為要務，故除加強社區溝通、參與社區活動及開放淨水場參觀外，針對民眾反應的問題(如水中臭味問題)列入改善計畫，確實改善，並進行民眾觀感(滿意度)調查，確認改

善效果。

四、澳洲之水處理企(產)業為產官學研界合作之一成功案例，透過自來水業界、水務局、研究機構及工業界的充份合作，已解決包括飲用水天然有機物處理問題、藻毒防制問題、管網餘氯控制及廢水回收再利用等問題，我國在淨水處理問題之解決上，實可仿效此一模式，一方面可使學術研究更務實發展，一方面可提昇自來水業界之技術水準。

五、在進行各項水處理效果評估時，檢測技術實為基本要求，因此針對我國本土性之水質問題，建立關鍵性之快速水質檢測技術(如隱孢子蟲、藍綠藻毒等檢驗)，為提昇水質的基本工作，重要水質參數之檢驗為評估處理成效之基本，針對未來水源水質惡化可能遭遇的淨水處理程序水質評估參數，應及早建立檢驗專長資料庫，對於國內無法檢驗之項目，亦應嘗試建立檢驗技術。

六、國內部份淨水場存在部份原水水質較不佳之狀況，於瞭解造成水質不佳之特性後，引進足以解決問題之處理程序，在不影響現有出水之狀況下，以平行(Parallel)設計處理單元，進行比較測試，提供水質提昇及人員技術訓練之機會，應為可行的方式。

七、台灣的資訊產業在全世界是首屈一指的。不論是在電腦、半導體、工業電腦、控制器等產業都有非常優秀的

廠商。除了產品性能優異，更有價格實惠的利基，再加上就近技術支援的便利性，這些對本公司監控系統整合計畫的推行有相當大的助益。再參考國內經濟、產業發產及用水普及率以及全球普遍節省水資源的觀念，台灣整體用水需求大幅增加的可能性並不高。換言之，公司未來面對的將是如何提升營運效能、靈活供水調度、降低生產成本，才有可能再創造更多盈餘。而公司要擬定方針，制訂對策的先決條件就是必須有產、銷資料的詳實收集、分析，而監控整合就是這一切的基礎建設。因此，監控整合計畫的推行對本公司而言，勢在必行，而且越早完成越好。

## 陸、參考文獻

- (一) [www.awa.asn.au/events/aspire](http://www.awa.asn.au/events/aspire) 官方網頁
- (二) [www.awqc.com.au](http://www.awqc.com.au) 官方網頁
- (三) [www.sydneywater.com.au](http://www.sydneywater.com.au) 官方網頁
- (四) SA Water—Drinking Water Quality Report 05~06
- (五) CRC 2005-2006 Annual Report
- (六) [www.miexresin.com.au/docr0407](http://www.miexresin.com.au/docr0407)
- (七) Franzmann P.D, Heitz A, Zappia L.R, Wajon J.E, Xanthis K, (1999)  
The Formation of “Swampy Odour” (Malodorous Dimethyl Oligosulphides) in Treated Water, a consultancy report to the Water Corporation. 等
- (八) 上述各單位所提供之正式書面資料