

出國報告：出國類別-參與研討會及參訪

出席「2016 新加坡國際水週」並簡報「104 年
台灣西部地區旱災期間台水公司之因應作
為」

服務機關：台灣自來水公司

姓名職稱：王國堅 副總經理

曾彥中 工程員

派赴國家：新加坡

出國日期：105 年 7 月 10 日至 105 年 7 月 15 日

目次

壹、前言

一、本案緣起-----1

二、2016 新加坡國際水週簡介-----1-2

貳、出席 SIWW 活動及參訪行程報告

一、出席活動總覽-----3

二、出席活動成果報告-----5-19

參、心得與建議-----20-23

肆、附錄

一、「104 年台灣西部地區旱災期間自來水公司之因應
作為」簡報

二、蔡厝港自來水廠簡報

壹、前言

一、本案緣起：

新加坡水協會於105年7月10日至7月14日假新加坡舉行2016新加坡國際水週活動，藉此會議了解各國供水先進技術，並與各國水從業人員互相研討，對本公司業務有正面助益。

另本公司投稿「104年台灣西部地區旱災期間自來水公司之因應作為」，該篇獲邀於會中進行口頭簡報，以案例分享抗旱之作為，供國外其他水機構參考，並與專家學者相互交流，提昇本公司在國際之能見度，並由共同作者王副總經理國堅及曾工程員彥中參加。

二、2016 新加坡國際水週簡介：

兩年一度的新加坡國際水資源週（SIWW）提供一個分享與合作的全球性平台，聚集全世界的水專業專業人才及廠商來共同研商水務相關問題，並展示最新的技術和發掘新的商機，新加坡政府希望透過 SIWW 來帶動水產業發展及提升水技術的目的。

在 2016 年 7 月 14 日，第七屆新加坡國際水資源週將與第五屆世界城市峰會及第三屆 CleanEnviro 新加坡峰會同時舉行，其中水資源週 SIWW 包含了水領導人峰會、水務大會、水博覽會及

商務論壇，並藉由國際水週來頒發李光耀水源獎。

(一)會議地點：

新加坡金沙會展中心(Singapore Convention and
Exhibition Center-Marina Bay Sands)

(二)活動項目：

1. 李光耀水獎(Lee Kuan Yew Water Prize)
2. 水務領袖峰會(Water Leaders Summits)
3. 水務研討會議(Water Convention)
4. 水博覽會(Water Expo)
5. 水商務論壇(Business Forum)
6. 工業水處理解決方案論壇(Industrial Water Solutions
Forum)
7. 水務青年領袖會議(Young Water Leaders Summit)

貳、出席 SIWW 活動及參訪行程報告

一、出席活動總覽：

本次出席 SIWW 活動自 7 月 10 日啟程至 7 月 15 日返國，共計 6 日，參訪活動任務包刮下列各項，出席活動時間詳一覽表 (表 1)，並於 7 月 10 日於註冊處完成報到：

- (一)出席開幕式(Opening Ceremony)
- (二)參加水務會議海報展示(Water Convention Poster Presentation)。
- (三)參加智慧水論壇 Smart Water Forum。
- (四)參加水務大會各論壇(Water Convention Parallet Tracks) 並簡報「104 年台灣西部地區旱災期間自來水公司之因應作為」(Response Measures Adopted by the Taiwan Water Corporation during the Drought in Western Taiwan in 2015)。
- (五)參訪蔡厝自來水廠。
- (六)參觀新加坡濱海堤壩。
- (七)參訪新加坡公用事業局。
- (八)參加水博覽會議 SIWW Water Expo。
- (九)拜訪新加坡 Waterhubs Echologics、Visenti 公司。

表一、出席 SIWW 活動一覽表

Day	Main activities for day	Morning	Afternoon	
Sunday 10 Jul	Arrive; Opening ceremony & Welcome Reception	EVA Air –BR215 (09:25) Arrive at Singapore at 13:50 Hot Issues Workshop 起程	Hot Issues Workshop Opening Ceremony 註冊報到及參加 SIWW 開幕大會	
Monday 11 Jul	Visit of PUB- Water Hub- Water Quality Office; Water Convention Poster Presentation	Water Convention Poster Presentation (Poster: Towards Including Water Quality In Climate Adaptation Frameworks) (Poster Presentation) 參加海報展覽	*1330PM Visit Cck Plant 參訪蔡厝港自來水廠	
Tuesday 12 Jul	Water Convention Opening Plenary	Water Convention Opening Plenary 參加水會議	Water Convention Parallet Tracks 參加水會議	Smart Water Forum 參加智慧水論壇
Wednesday 13 Jul	Water Convention Parallet Tracks	Water Convention Parallet Tracks 參加水會議 SIWW Water Expo 參加水博覽會議	Water Convention Parallet Tracks Water Convention closing Plenary Desalination and Water Reuse Business Forum Theme 1A: Delivering Water From Source to Tap – Networks (2:00-3:30 PM) (Oral: The Response Action of Taiwan Water Corporation for Drought Resistance) 參加水會議並分享抗旱經驗	
Thursday 14 Jul	Tour of CCOC & Site Visits	Singapore Marina Barrage 參訪新加坡濱海堤壩	1330 Arrive at Woodleigh Complex Blk 2 1400 – 1430 Introduction of PUB & Water Supply Network 1430 – 1530 Tour of CCOC (Combined Control & Operations Centre) - Water Services and Operations Centre - PUBOne - Water Supply Control Centre 1530 – 1600 Sharing on Leak Detection Programme 1600 – 1700 Tour of Meter Workshop 參訪 PUB	
Friday 15 Jul	Waterhub & Depart	0900 Arrive at Waterhub 0930 – 1000 Sharing by Echologics 0930 – 1130 Sharing on Waterwise at Waterhub 拜訪新加坡 Waterhubs Echologics、Visenti 公司	EVA Air –BR216 departure at 15:10 TPE at 20:00 回程	

二、出席活動成果報告：

(一) 出席開幕式(Opening Ceremony)



圖一、本次水公司出席人員攝於開幕式（左起李組長貞慧、李處長丁來、王副總經理國堅、何組長承嶧、曾工程員彥中）

(二) 參加水務會議海報展示(Water Convention Poster Presentation)：

本次海報展示，本公司胡總經理投稿「氣候變遷對水庫水質之整合性評估：以新山水庫為例」一篇，並獲得主辦單位海報展示之邀請。



圖二、參加水務會議海報展示。

Towards Including Water Quality in Climate Adaptation Frameworks

N.-T. Hu*, T.-F. Lin**, L.-Y. Cai**, C.-H. Chang**, L. van der Linden***, and M. Burch***

* Taiwan Water Corporation, Taichung City, Taiwan ROC.

(E-mail: tchen@mail.water.gov.tw; chihhua@mail.ncku.edu.tw)

** Department of Environmental Engineering and Global Water Quality Research Center, National Cheng Kung University, Tainan City, Taiwan ROC.

*** Australian Water Quality Centre, SA Water, Adelaide, SA, Australia.



Introduction



Resilience to climate change is a major challenge to the water industry as they make decisions under the profound uncertainty that surrounds climate change. Methods have been developed to adapt to the challenges have focused on water quantity issues. Including water quality aspects is challenging and often neglected, despite the well understood potential negative impacts of climate change on water quality. This international cooperative program, jointly studied by Australia, Taiwan and USA, demonstrates the ability to include climate change impacts on water quality in a variety of decision support planning methods.

Using Taiwan's Hsinshan Reservoir (HSR) as a primary example, the value of an integrated modelling approach to assess the effects of climate change on water quality is present.

Methodology

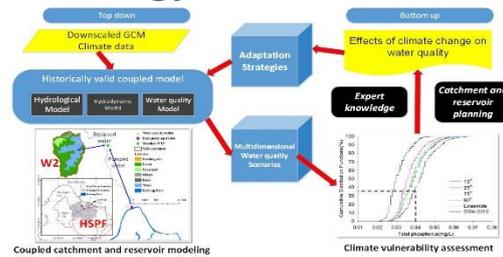


Figure 1: Model framework for the assessment of the threshold exceedance on water quality under climate change scenarios

Results & Discussion

Impacts of climate change on catchment flow and water quality

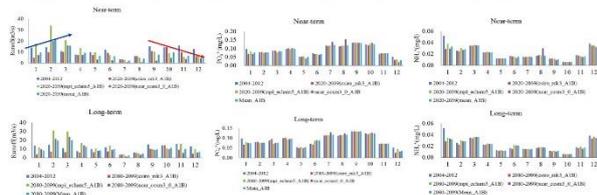


Figure 2: Near-term (2020-2039) and long-term (2080-2099) projections of monthly catchment flow and water quality under A1B scenario.

Table 1: Projection of near-term and long-term mean flow and water quality.

Case/Model	Runoff (m ³ /s)	PO ₄ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	DO (mg/L)
2004-2012 Reservoir	—	0.013	0.018	0.49	8.4
2004-2012 Catchment	11.4	0.091	0.023	0.71	8.7
2020-2039 Catchment	8.6 (6.0-11.7)	0.088 (0.088-0.092)	0.02 (0.02-0.02)	0.72 (0.71-0.72)	8.6 (8.5-8.7)
2080-2099 Catchment	10.1 (7.0-13.8)	0.087 (0.087-0.088)	0.02 (0.02-0.02)	0.72 (0.72-0.73)	8.6 (8.5-8.6)

Coupling watershed and reservoir models, to assess the impacts of climate change on the water quality of an off-channel reservoir in a humid-subtropical climatic region

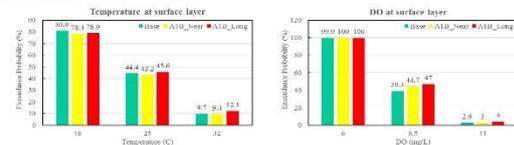


Figure 3: Risk exceedance probability for the levels of WT and DO in surface layer.

The rising temperatures will significantly lower the water quality in HSR through greater thermal stability and DO stratification. Resulting in reduced DO concentrations in deeper layers of the reservoir and increased release of phosphorus from sediments.

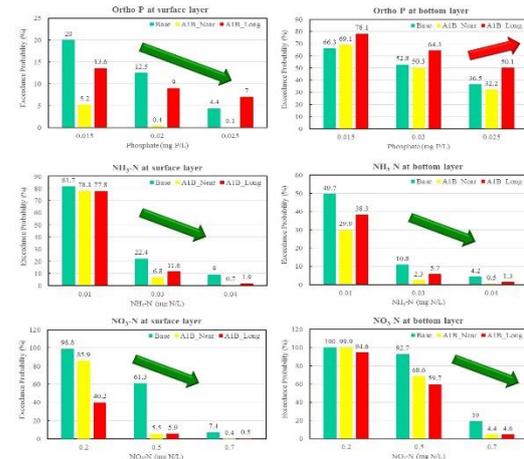


Figure 4: Risk exceedance probability for the levels of nutrients in surface and bottom layers.

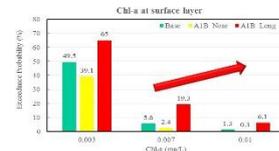


Figure 5: Risk exceedance probability for the levels of phytoplankton.

The flux of phosphorus in the hypolimnion may not support algal growth in the epilimnion during summer stratification. Nutrients are projected to increase throughout the reservoir, since the HSR is well-mixed in late fall/winter. The projected earlier arrival of spring should be noted. If the presence of nutrients is high, the prolonged growing season will increase the expected frequency of algal blooms.

Conclusions

The rising temperature associated with future climate is projected to significantly lower the water quality in HSR. The tools developed in this project allow the assessment of adaptive responses to these climate change impacts.

The authors would like to express appreciation for the support of the sponsors:



圖三、「氣候變遷對水庫水質之整合性評估：以新山水庫為例」海報

(三) 參加智慧水論壇 Smart Water Forum

7月12日參加 Smart Water Forum 討論，主講單位邀請各國
際大廠負責引言並以開放的方式與來賓直接互動式交談。

1、主要議題包含 infrastructure 、water level 水壓管理
等。

2、本會議由主席詢問對於 Smart Water 的意見，針對如何擷
取資料以及如何提高水質分析及處理能力，相關各廠商及
來賓均提出不同之解決方案，整體而言大部分都有未能即
時掌握資訊即時反應的問題。



圖四、參加 Smart Water Forum。

(四) 參加水務大會各論壇(Water Convention Parallel Tracks)並簡報「104年台灣西部地區旱災期間自來水公司之因應作為」(Response Measures Adopted by the Taiwan Water Corporation during the Drought in Western Taiwan in 2015)。(簡報內容詳附錄一)

本公司「104年台灣西部地區旱災期間自來水公司之因應作為」投稿新加坡水協會，獲新加坡國際水週邀請作口頭簡報，投稿資料摘要：「由於台灣地區103年降雨量約為年平均降雨量2/3，104年春天降雨量又不如預期，導致各水庫蓄水量銳減，台灣西部地區發生缺水危機，為因應旱災除積極辦理節約用水教育宣導和推廣鼓勵民眾換裝省水器材等預防旱災作為，並對台灣各地區不同缺水狀況，實施各階段不同節限水措施，有效延長庫水供水時間，順利圓滿渡過此次旱災。」

本次水會議有五大主題：

- 1、Delivering Water from Source to Tap
- 2、Effective and Efficient Wastewater Management
- 3、Water for Liveability and Resilience
- 4、Water Quality and Health

5、Water for Industries

本次以參加主題 1. 「Delivering Water from Source to Tap」為主，並針對「104 年台灣西部地區旱災期間台水公司之因應作為」作 15 分鐘之口頭報告。



圖五、於新加坡水務論壇簡報 Response Measures Adopted by the Taiwan Water Corporation during the Drought in Western Taiwan in 2015



圖六、與美國節水專家 Mary Ann(Alliance for Water Efficiency 主席兼執行長)攝于研討會會場。

(五)參訪蔡厝自來水廠

105.7.11(一)陪同水利署賴副署長建信等參訪新加坡蔡厝港自來水廠，該水廠分二期興建，每期 18.2 萬 CMD，為新加坡重要之自來水廠。第一期以傳統處理砂濾程為主，其中較特別的部份是利用臭氧來作消毒處理。

第二期自來水廠更新（進行中），改以陶瓷微濾膜→臭氧接觸池→生物活性碳過濾池，以改善原水水質易有異味之狀況，於出廠前加氯，以維持水中餘氯。

該廠擁有魚類活動監控系統（FAMS），有別於傳統的養魚箱須至發現魚群暴斃死亡方知水質出現異常，該系統利用全天候自動化攝影機監控魚的物理行為產生的剪影和軌跡來評估水質，遇到異常狀況能即時應變處理，新加坡總共在 55 處配水池和自來水廠安裝 FAMS 系統。



圖六、蔡厝港自來水廠王博士對水廠業務提供詳細簡報。

(六) 參觀新加坡濱海堤壩

新加坡共有17座大小不一之水庫或蓄水池，其中濱海蓄水池為一河口型水庫，位於Kallang河、新加坡河之出海口，濱海堤壩利用活動堤壩技術將新加坡三百五十公尺寬的河口從東到西封鎖河道，歷經三年時間，將出海口附近的水去鹽化，最後保留住可貴的淡水水源。

在早期，因該流域下水道設施嚴重不足且污染嚴重，當地坡政府執行持續且有計畫地都市更新，首先，先遷移人口至其他地區公共住宅，並重新對下水道進行改善建設，當水質完成改善之後，再建設濱海堤壩。

如今，新加坡河已變成一個淡水蓄水池，新加坡河的水位會跟隨實時雨量及壩外潮汐而調節，堤壩是由九扇巨大水平鋼製可前傾或後拉的水閘調節水位，當壩內發生豪雨且壩外海水退潮時，造成壩內水位高於海水時，水閘將前傾使壩內的水往外排，避免城市內淹水；當海水漲潮且壩內遇上暴雨時，堤壩內外的水位將同時處於高水位，堤壩內將有淹水之風險，此時抽水站就會運轉協助水閘洩洪，此一方法大幅降低了城市淹水的風險，又能使得新加坡獲得更多的地面水源並儲存起來，實屬一舉數得的偉大工程。



圖七、105.7.14(四)參觀新加坡濱海堤壩。



圖八、新加坡濱海堤壩模型。

(七)參訪新加坡公用事業局

PUB 負責供應全新加坡民生用水及工業用水，新加坡目前人口 540 萬，每日供水 182 萬 CMD。

PUB 除展示該公司水表工廠負責維修及校正量測各類尺寸水表外，亦 PUB 展示目前該公司最新測漏方式，包含使用 Echoshore 系統固定偵測漏水點以及 Syrinix 的 Trunkminder System 於大管徑測漏。

目前 PUB 推動新生水計畫，將用後水 100%回收再生，目標於 2020 年日需水量的 40%由再生水供應，並於 2060 年提高至 50%，另海水淡化廠已建置兩座，至 2015 年已負責供應新加坡日需水量之 30%。

PUB 控制中心分為三塊，位於同一辦公室，以透明玻璃隔音間隔，每一區均有大電視牆顯示各即時監控資訊，位於最左邊為客戶服務中心，全天候 24 小時服務，接聽用戶進線反映問題，若無法立即解決或需要協助，則轉接到第二中心(水質及維修中心)，該中心監看水網漏水等問題；水務維修車輛也在此中心負責調度，螢幕上結合 GIS 顯示各車輛 ID 及位置，可同步監看車上維修用 CCTV 影像，可協助確認維修或檢測的現場狀況及問題。第三中心位於右

方，負責調度供水量及監看水質，水質監視系統包含固定 sensor 如電導度等。



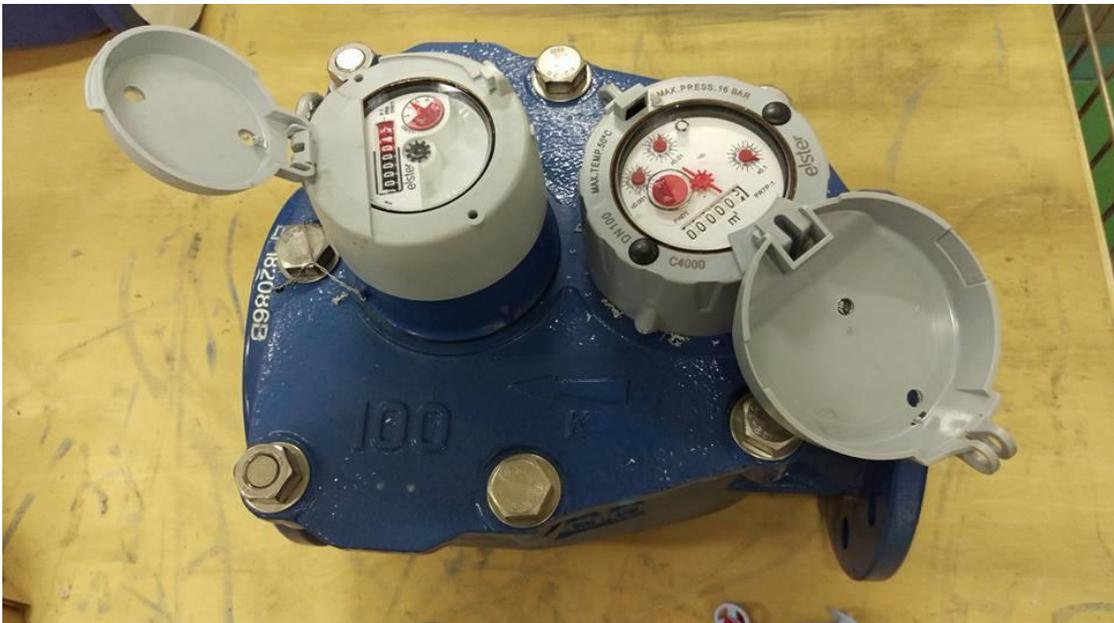
圖九、105.7.14(四)參訪新加坡公共事業局 PUB，聽取新加坡水源開發, 水表管理, 檢修漏作業及推動節約用水之簡報，雙方並作經驗交流，受益良多。



圖十、參訪新加坡公用事業局監控中心。



圖十一、新加坡小表分 15 公厘(如下者)及 25 公厘(如上者)兩種，15 公厘表 15 年汰換 1 次，25 及以上者 10 年汰換 1 次。



圖十二、新加坡用戶水表口徑最大者為 300 公厘，其中 50~150 公厘水表採用連結式機械表。25 公厘及以上水表一般每 10 年汰換 1 次，而用於石化及電子業的水表，則每 2 年汰換 1 次。



圖十三、感謝 PUB 鍾處長的參訪安排與簡報

(八)參加水博覽會議 SIWW Water Expo

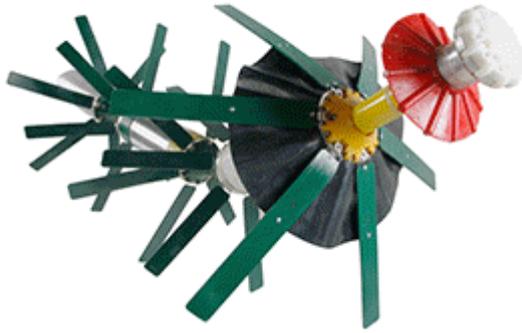
本次 2016SIWW 會議期間，同時舉辦 Water Expo，藉由空檔時間至會展參訪，了解各國廠商針對水質、降漏、水表等最新的技術。

以 Pure Technologies 公司為例，該公司提供一套管線資產管理的解決方案，藉由監控管網，進而分析管線承受的風險、損壞的情形、漏水檢測等。

針對測漏，Pure Technologies 所提供的方法都是需將裝置放入管線內，記錄不同數據，加以分析並得出管線洩漏處：

- PipeDrive、SmartBallr 記錄聲波反射

- Sahara 結合 CCTV
- PureRobotics 為檢查用機器人，能在管線內行走，搭載各項檢測技術，包含雷達、雷射、聲納等



圖十三、PipeDriver



圖十四、SmartBall



圖十五、參訪新加坡 SIWW Water Expo 並與廠商合影。



圖十六、與台灣弓銓公司合影於 SIWW Water Expo。

(九)參訪 Water HUB：Echologics、Visenti 公司。

該大樓為新加坡政府投資新建的育成中心，協助全球各類新技術公司開發在水方面應用技術，並提供辦公室供租用。據了解新加坡政府透過 PUB 挹注 50 億新幣協助各廠商進行解決方案開發計畫，並提供場域給各廠商試作。

7/15 上午拜訪 Echologics 公司，由該公司介紹管壁厚度評估系統，該系統可透過專用感測器以非侵入式偵測估算固定長度下之平均管壁厚度，但限制為每次僅能測量 200 公尺。

另拜訪 Visenti 公司，由該公司 Engineer Director Mr. Ami Peris (Ph.D) 以及 Software Director Mr. Mudasser Iqbal (Ph.D) 進行產品簡介，並說明該公司負責提供 PUB

控制中心 Grid System 以及管線分析軟體，協助日常監控並提供預警功能，提供 PUB 提前預警可能洩漏管線區域。



圖十六、Echologics 公司簡報管壁厚度評估系統。

參、心得與建議

- 一、本次參加 SIWW 國際水週，與各國水務從業人員認識、研討獲益良多，並且分享本公司抗旱的經驗及心得更屬難能可貴，從中可看出一個國際級水務機構如何舉辦一流的國際論壇，值得我們學習及努力，近年來，公司與國外水務機構交流日漸頻仍，除了公司水務技術本質的提升外，如何培養員工外語能力及承辦國際交流之業務將日趨重要。
- 二、新加坡平均年降雨量約為 2400mm 與台灣相仿，且皆屬地狹人稠之國度，原新加坡有部分原水均須仰賴馬來西亞供應，惟新馬關係時而緊張，屢屢造成缺水危機，有鑑於此，新加坡政府積極投入各項水資源的開發與利用，自 1990 年代起，海水淡化廠的興建及再生水利用，已漸漸降低對馬來西亞原水的依賴，更發達了新加坡相關水務產業，實可作為台灣之典範，尤其在參訪新加坡濱海堤壩後，了解該堤壩的運作之原理，深切體會新加坡人不向環境認輸的精神，台灣在先天自然資源上遠勝於新加坡，如能有精確、長遠的規劃及民意的支持，台灣絕對可以避免 2015 年抗旱情事重演。
- 三、這次有特別喝到新加坡 New Water 的瓶裝水，喝起來與一般礦泉水無異，如不特別說明根本無從分別，在台灣絕對不是技術

層面無法克服，最主要還是民眾觀念上仍然無法接受，甚至連再生水作為工業用水都遭到強烈的反彈，民眾是須要教育的，在日趨嚴峻的天候環境，未來會發生什麼天候異變皆無法預期，除高耗能的海水淡化之外，再生水實為可投資發展的節水措施。



圖十七、新加坡瓶裝再生水

四、在參加 SIWW Water Expo 及參觀蔡厝港自來水廠後，其實可以發現國內各項供水設備的技術水平與國際間差異大同小異，最主要還是在政策、管理及執行層面方面有較大之差異，舉例而言，本參訪團隊至各淨水廠或辦公區參觀都需要經過嚴格的安全檢查，重要供水設施警衛人員(皆有配槍)須先收到參訪的通知，並逐一核對參訪人員護照，再收取護照後始得進入參觀，許多設施參訪是不得拍照且參觀結束後仍須逐一核對身分始得

放行歸還護照，很明顯地，新加坡對於供水設備、水源地的維護管理重視程度是非常嚴格的，從上到下都珍惜著「每一滴」水資源，才能有強烈的能量進步及改變，這樣的精神才是國內真正缺乏值得效法、學習之處。

五、新加坡之水費結構如下表：

供水類別		區間費率分段(每月)		水費(星幣/立方公尺)	水資源保育稅(占水費比率%)	總費
達飲用水標準之自來水(Potable Water)	家戶用水(Domestic)	區間費率	0-40 立方公尺	1.17	30	1.52
			40 立方公尺以上	1.40	45	2.03
	非家戶用水(Non-domestic)	單一費率		1.47	30	1.52
	船舶用水(shipping)	單一費率		1.92	30	2.496
工業用水(Industrial Water) 水質不須達飲用水標準		單一費率		0.43	-	0.43

表二、新加坡公用事業局(PUB)供水費率(未含 7%營業稅)

由上表觀之，新加坡自來水水價家庭用水分為二段計收，其中第一段(1-40M³/月)及產業用水(任何用量)每噸均為 1.17SGD，加計 30%水源保育稅(或稱耗水稅)，合計每噸為 1.52SGD(折合新台幣 36.48 元/M³)。而家庭用水第二段(大於 40M³/月)則採較高之費率，且水源保育稅以 45%加計，合計每噸為 2.03SGD(折合新台幣 48.72 元/M³)。

反觀台灣之水價採累進費率，且未來水價調整後，第一段與最後一段之倍數將由 1.64 倍提高為 2.72 倍。加以水利署將對大用水戶課徵 10~30%之耗水費，則其倍數更將由 1.64 倍提高為 3.54 倍。這恐將遭大用水戶質疑：為何 20 多年來自來水增加之成本全部要由少數產業負擔？

依水公司統計，一般用水量佔 68.65%，工業用水量佔 26%，機關用水佔 5.31%，船舶用水佔 0.04%，若對於第一段之費率不作調整，未來推動全民節約用水恐難見成效。

至於耗水費徵收之目的若在於抑制大用戶之用水，則目前採行之累進費率已具其意涵，徵收之目的若係為促使全民節約用水，則似可比照新加坡之模式，對全體用戶徵收。

