

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：考察)

經濟部九十八年台德技術合作人員訓練計畫  
「超越效能限制-營運效能評估及輔導 (OPEE) 計畫」  
出國報告書

服務機關：經濟部台灣自來水公司  
姓名：陳文祥  
職稱：工程師  
派赴國家：德國  
出國期間：98年11月8日至98年11月22日  
報告日期：99年1月30日

系統識別號：C09804062

公務出國報告提要

頁數：60 含附件：否

報告名稱：經濟部九十八年台德技術合作人員訓練計畫「超越效能限制-營運效能評估及輔導（OPEE）計畫」出國報告書

主辦機關：經濟部國際合作處

聯絡人：言美玲（04-22244191-752）

出國人員：陳文祥

台灣自來水公司

出國類別：研習

出國地區：奧地利、德國

出國期間：98年11月8日至98年11月22日

報告日期：99年1月30日

分類號/目：I5/化學與環境科學

關鍵詞：淨水效能、自來水經營、績效指標、維也納水務公司、柏林水務公司、歐洲水務公司

內容摘要：本公司從事自來水事業發展行之有年，經年累月所累積的大量數據和資料亟需完善制度加以控管監測，隨著全球企業日益重視國際標準管理系統之運用，評量標竿管理(Metric Benchmarking)於各國自來水事業亦已有許多成功的施作案例，經評估後亦可達到維護資料完整以及數據統計分析等能力，國內企業為因應時代潮流及提昇國際競爭力，可藉由與國外經驗交流，作為本公司制定管理辦法之依據，並依此系統進行國內淨水場現況缺失檢討與改善評估策略方針，以期落實ISO9000、ISO14000 之精神，將淨水場整體的營運作業方式及飲用水服務品質提昇至更高層次。

藉由交流維也納、柏林及歐洲水務集團相關之策略、目標、技術以及未來發展趨勢，以作為本公司規劃淨水願景（Vision）之參考。以了解各相關製造商提供產品或高級淨水設備，以作為本公司淨水場之可行性及技術合作模式，以因應未來台灣地區日趨嚴格的飲用水質標準，作為本公司可採用先進淨水技術之先期研究及探討。

## 摘要

本公司從事自來水事業發展行之有年，經年累月所累積的大量數據和資料亟需完善制度加以控管監測，隨著全球企業日益重視國際標準管理系統之運用，評量標竿管理(Metric Benchmarking)於各國自來水事業亦已有許多成功的施作案例，經評估後亦可達到維護資料完整以及數據統計分析等能力，國內企業為因應時代潮流及提昇國際競爭力，可藉由與國外經驗交流，作為本公司制定管理辦法之依據，並依此系統進行國內淨水場現況缺失檢討與改善評估策略方針，以期落實ISO9000、ISO14000 之精神，將淨水場整體的營運作業方式及飲用水服務品質提昇至更高層次。

藉由交流維也納、柏林及歐洲水務集團相關之策略、目標、技術以及未來發展趨勢，以作為本公司規劃淨水願景(Vision)之參考。以了解各相關製造商提供產品或高級淨水設備，以作為本公司淨水場之可行性及技術合作模式，以因應未來台灣地區日趨嚴格的飲用水質標準，作為本公司可採用先進淨水技術之先期研究及探討。

關鍵字：淨水效能、自來水經營、績效指標

## 目 錄

摘要.....	II
目 錄.....	III
壹、研習目的.....	1
貳、研習行程.....	2
參、研習過程.....	5
一、參訪 s::can 公司企業總部及研發中心 .....	5
二、參訪維也納都市下水道污水廠(Vienna' s waste water treatment plant) .....	18
三、參訪維也納淨水場(Vienna waterworks MA31).....	32
四、參訪柏林水務公司之 Friedrichshagen 自來水廠 .....	37
五、參訪參觀柏林水務公司所屬之 Wabmannsdorf 污水廠 .....	42
六、參訪歐洲水務公司之 Rostock 自來水廠.....	46
七、參訪柏林水務公司國際部.....	51
肆、研習心得及建議.....	53
謝 誌.....	55

## 圖 目 錄

圖 1 新一代操作控制平台多參數顯示畫面（上）。監測站管理畫面（下） .....	7
圖 2 浸入式光譜探棒組成的圖示（左）。浸入式安裝的實例（右） .....	8
圖 3 UV-Vis 光譜，以及從而得到的參數及其特徵吸收曲線.....	9
圖 4 3-D 吸收光譜圖譜.....	10
圖 5 多功能微型水質監測儀.....	11
圖 6 武漢自來水廠取水站及傳統水質監測設備.....	14
圖 7 武漢自來水廠多功能微型水質監測儀.....	15
圖 8 紐約市供水系統多功能微型水質監測儀示意圖.....	16
圖 9 多功能微型水質監測儀架構及資訊傳遞圖.....	16
圖 10 參訪人員與 SCAN 公司人員合影及多功能微型水質監測儀.....	17
圖 11 維也納污水處理場鳥瞰圖(1).....	20
圖 12 多功能微型水質監測儀監控面板.....	30
圖 13 與維也納污水處理場人員合影.....	31
圖 14 自來水導水渠道施工及維護照片.....	34
圖 15 自來水導水渠道導水渠道配置圖.....	34
圖 16 帝王泉及多功能微型水質監測儀.....	35
圖 17 與帝王泉管理人員合影.....	36
圖 18 柏林地區自來水場及污水處理廠位置圖.....	39
圖 19 近 20 年來柏林地區需水趨勢圖.....	40
圖 20 Friedrichshagen 自來水廠淨水流程圖.....	40
圖 21 反洗排水渠採用圓管切渠.....	41
圖 22 參訪人員與 Friedrichshagen 自來水廠廠長合影.....	41

圖 23 Wabmannsdorf 污水廠處理流程 .....	44
圖 24 利用密閉系統處理細篩及砂礫槽之廢氣 .....	44
圖 25 利用木材作為廢氣排出之吸附質 .....	45
圖 26 與 Wabmannsdorf 污水廠廠長合影 .....	45
圖 27 歐洲水務公司在德國據點 .....	49
圖 28 公私合營的合作模式示意 .....	49
圖 29 與羅勒斯特/歐洲水務公司人員合影 .....	50
圖 30 與柏林水務公司國際部人員合影 .....	52

## 表 目 錄

表 1 研習行程 .....	2
----------------	---

## 壹、研習目的

有鑑於台灣地區水源污染惡化日趨嚴重，且又屬全球水資源匱乏之區域。加上近年來國內生活水準普遍提升，民眾對水質、水量及服務品質等要求亦隨之增加。再者，因新水源開發日益困難、自來水處理設施工程及管理系統投資成本逐年提高。因此台灣自來水公司開始著手於加強淨水場之處理能力，以符合飲用水水質標準，提供民眾質優且穩定的供水，達到淨水場之操作最佳化。

為提昇淨水場操作效能，確保淨水場符合飲用水水質標準之安全用水，藉由與國外經驗交流，以因應時代潮流並提昇國際競爭力，並依此進行國內淨水場現況缺失檢討與改善評估策略方針。

## 貳、研習行程

考察期間為自 98 年 11 月 15 日至 98 年 11 月 22 日共計 15 日（含例假日）。研習行程如表 1 所示。

表 1 研習行程

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	擬訓練進修機構 <sup>1</sup> 及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for Discussion)
11/8-11/9, 2009	Taichung - Vienna 台中－ 維也納		往程
11/9-11/13 2009	Vienna 維也納	<p>1. scan Co., Ltd. Worldwide headquarters &amp; Research center Scan 公司企業總部及研發中心 A - 1200 Wien, Brigittagasse 22-24 Mr. Ing.Mag.(FH)Robert Wurm International sales Manager Mr. DI Andreas Weingartner President</p> <p>2. Vienna Waterworks (Municipal Department 31) Grabnergasse 4-6, 1060 Vienna 維也納自來水集團 Vienna Water Works MA31</p>	<p>1. scan introduction and product presentation and through scan production facilities scan 公司產品介紹及應用</p> <p>2. Early monitoring in raw/drinking water.( scan product line) Scan 公司線上監測儀器於早期水源/清水水質預警系統之應用</p> <p>3. Improve water quality uniformity throughout the water treatment plant and the distribution system 改善淨水場及供水管網中之水質方法</p> <p>4. Visit of river monitoring station of Austrian Hydropower AG 拜訪奧地利水務公司河川早期預警系統</p> <p>5. Visit of early warning monitoring station</p>



		Mr. Di Stefan Zelinka Northern Calcareous Alps	and control room 拜訪奧地利水務公司預警監控站 6. Visit of Vienna's waste water treatment plant 拜訪維也納都市下水道污水廠，了解預警系統之運用。
11/14-11/15, 2009			移動(假日) 資料整理
11/16-11/17, 2009	Berlin 柏林	11/16 Visit of Berlin's water treatment plant (Friedrichshagen) 參訪 Berlinwasser Gruppe 所屬 Berliner Wasserbetriebe 公司 Friedrichshagen 自來水廠，由廠長 Mr. Frank Herzlieb 帶領廠區與解說  11/17 Visit of Berlin's waste water treatment plant (Wabmannsdorf) 參訪 Berliner Wasserbetriebe 公司所屬之污水廠，由廠長 Mr. Siegfried Prenzel 負責簡報及帶領參觀	1. Germany State and Federal Safe Drinking Water Regulations and Standards, SDWA regulation in drinking water. 了解德國各州及聯邦對於飲用水相關法令 2. To improve water quality to customers. 了解柏林就供水水質改善的措施 3. To improve the dependability of the distribution system. Replace water mains that have a high frequency of failures. 了解德國就供水管網之改善措施 4. The cost can be reduced while providing improving customer service. 改善顧客服務對於供水成本降低之方法
11/18-2009	Berlin-Rostock 柏林-羅勒斯特	EURAWASSER Nord GmbH Blücherstraße 54 Mr .Thomas Maercker 歐洲水務公司技術部長簡報	1. To improve water quality to customers in. Rostock 了解羅勒斯特就供水水質改善的措施 2. To improve the dependability of the distribution system. Replace water mains that have a high frequency of failures. (Rostock experience) 了解羅勒斯特就供水管網之改善措施
11/19, 2009	Rostock - Berlin 羅勒斯特	EURAWASSER Nord GmbH CARL-HOPP-STRASSE 1	Visit of Rostock Wasser Werke water treatment plant. Discussion about AOP technology in purification.

	-柏林	18069 ROSTOCK Mr. Nicolas Bockhoff 歐洲水務公司德國地區執行長	拜訪羅勒斯特自來水廠，了解高及氧化技術於淨水之運用。
11/20, 2009	Berlin 柏林	Berlinwasser Int. AG <i>Strahlauer Straße 32</i> Klärwerk Waßmannsdorf <i>Straße am Klärwerk 4</i> 柏林水務公司國際部拜會 Mr. Uwe Wiegand Chairman of Board of Directors	Discussion about opportunities for an international Water utility to contribute to the realization of the OPEE project in Taiwan.  交流柏林水務公司於亞洲地區自來水事業合作經驗及台灣自來水事業 OPEE 專案
11/21-11/22, 2009	Berlin-Taichung 柏林－台中		返程

## 參、研習過程

### 一、參訪 *S::can* 公司企業總部及研發中心

SCAN 公司成立於 1999 年，最初之創辦人有四位，目前員工約 40 人，2009 營業額約 400 萬歐元（2010 年目標為 500~600 萬歐元），主要產品為光學掃描水質監測儀器（用於河川水、自來水、污水處理等領域），近年又結合其他水質相關參數感測器（餘氯、氨氮、pH、溶氧等），擴大儀器功能與銷售範圍。至今售出超過 2000 台（套）監測儀器系統。

參觀 SCAN 軟硬體研發設計、生產、品管、維修等處所，由老闆 Andreas Weingartner 先生接待與導覽說明。老闆 Andreas Weingartner 是公司四個創辦人之一，擁有博士學位，樂於研發設計（常常都是自己動手做東西，技術成熟之後，才專交他人製作或外包）與改善，是個懂生活與工作的人，目前與他哥哥（住紐約）二人共擁有 SCAN 公司 60% 股份，並預計近年蒐購其他人員股份，計畫 100% 擁有。喜歡拜訪客戶，詢問客戶需求及意見，彙整之後，進行研發符合客戶的產品。他認為水是食品，但目前全世界的自來水廠，尚未以食品廠的規格看待水廠，故仍有很大的進步空間。SCAN 公司致力於產品改善，包括：

a) spectrolyser probe 之密封，原用膠，現在改用焊接，將完全改善過去

spectrolyser probe 用於廢水監測（例如：台塑六輕）時，遇到水中不明 chemical 時，產生膠腐蝕，造成漏水損壞儀器問題。

b) spectrolyser probe 視窗自動清洗，過去只有空氣或水噴洗，現增加自動

視窗“刷”洗，對於一些油脂類或鐵錳氧化物等之髒污物質附著，將可大幅改善自動清洗效果。

以現場監測儀器而言，目前世界上大多數公司的產品都沒有感測器管理校正維護記錄功能（常常於進行維護校正工作時，假警報頻傳），也沒有監測儀器操作管理軟體的設計；有鑑於此，SCAN 已研發相關控制器與管理軟體，預計 2010 年第一季末上市。

自來水原水早期預警與原水水質以及送配水水質監測的微型監測系統。傳統的監測方式為一個參數需要一台儀器，現改以整合的微型監測系統不僅可達到綜合性量測、顯示、輸出及維護診斷的功能，也是最具經濟效益的方式。

自來水原水水質的重要參數包括濁度、總有機碳、硝酸鹽氮、氨氮、pH、導電度等等，送配水水質則包括濁度、總有機碳、餘氯、pH、導電度等等。傳統的水質監測儀器一台可量測一至二個參數，欲監測完整的水質參數需要安裝許多台來自不同製造商的儀器。因為不同廠牌的儀器各有其操作介面，操作人員必須熟悉多套操作軟體，相應而來的維護工作也佔去自來水廠操作人員原本可用於本職工作的寶貴時間。

新的微型水質監測系統的關鍵要素是通用的操作控制平台（圖 1）以及線上多參數光譜分析探棒（圖 2）。以現場監測儀器而言，目前世界上大多數的產品都沒有感測器管理校正維護記錄功能，也沒有監測儀器操作管理軟體的設計。新一代的操作平台配備觸控螢幕，以直覺式圖示拖曳操作，具有操作、顯示、警

報、控制及通訊輸出等功能。可透過 PC、手提電腦、PDA、iPhone、網路瀏覽與操作。標準機型可接三支光譜探棒，並可配備無限擴充的開放介面供其他廠牌的感測器或分析儀訊號使用，顯示與管理各項水質參數，而且可規劃、校正及管理監測站。亦可選擇（選購）與市面上常見之 SCADA、RS485、類比訊號等介面連線，可藉由 Ethernet / XML 協定與較大的網路系統整合，並可自動經由乙太網路或 GPRS 傳輸檔案進入外部伺服器，整合 LAN 介面進行遙控及數據傳輸。



圖 1 新一代操作控制平台多參數顯示畫面（上）。監測站管理畫面（下）。

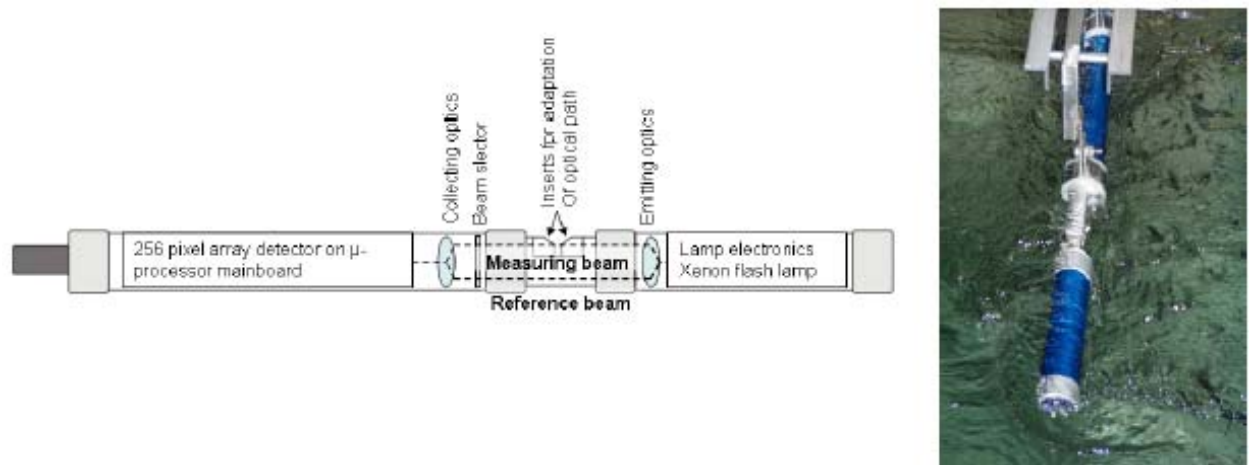


圖 2 浸入式光譜探棒組成的圖示（左）。浸入式安裝的實例（右）

微型監測系統的核心是可浸入式的紫外光-可見光(UV-Vis)全光譜感測探棒。UV-Vis 吸收光譜的分析原理一次可測定多個水質參數（圖 3），因此使用單一探棒即可量測多個參數，包括例如 COD、TOC、UV-254、NO<sub>3</sub>-、NO<sub>2</sub>-、TSS 及濁度，參數之間的切換僅需更新儀器的操作軟體。吸收光譜分析法是光學檢測方法，不牽涉到試劑的化學反應，30 秒鐘就可同時得到多參數的測值，因此可達到即時(real-time)監測，快速反應的效果。光譜探棒使用堅固耐用的材質（不銹鋼），接觸水的部分無任何可動零件，主要的維護工作是手動或自動清洗光學測窗（配備微型空氣壓縮機），因此幾乎無任何操作維護費用產生。

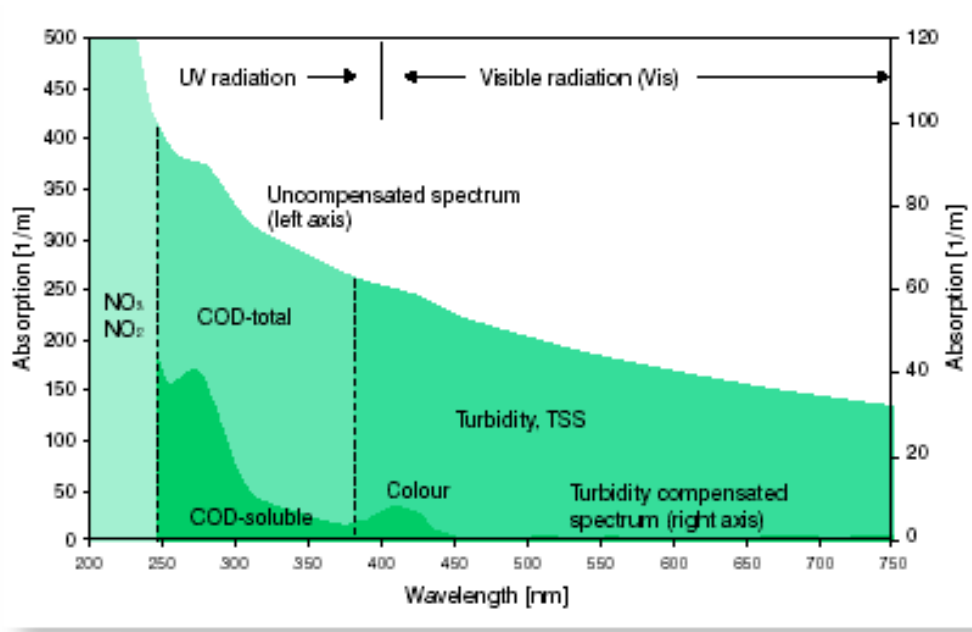


圖 3 UV-Vis 光譜，以及從而得到的參數及其特徵吸收曲線

除了光譜探棒之外，微型監測系統還採用智慧型設計且低維護需求的一系列感測器，包括光學溶氧感測器、複合式離子選擇性氮氣感測電極、固態 pH 電極、導電度電極、電化學式餘氯感測電極等等，皆可與通用控制平台整合成容易使用且具成本效益的數位監測系統。

早期預警量測參數在許多方面都不同於定義明確的一般化學物質參數。最重要的是必須快速反映出可疑的水質變化，強調即時快速量測的必要性，以利淨水場操作人員的應變。再者，前提是必須具備高靈敏度，誤警報發生率低，對於多樣污染源有較寬的反應帶。在許多案例中，淨水場操作或管理人員表示需要針對應用及測點開發客製化的參數。本文介紹的全光譜感測探棒就符合上述應用上的需求條件，在歐洲伯拉第斯拉瓦水公司（Bratislava Water Company）的評估測

試中表現優異，獲選成為該公司的原水早期事件警報監測儀器系統。本文介紹的光譜探棒除了常見的水質參數之外，還可定義額外的光譜警報參數。安裝初期先在感測器訓練(training)期間收集兩三個月的線上光譜數據(圖4)，建立基線光譜(形狀及特徵)。然後使用吸收光譜的一次微分及二次微分來辨識偏離「正常」光譜特徵的水質異常偏差。如此一來，即使基線持續變動，也能偵測到水質異常所造成的偏差。

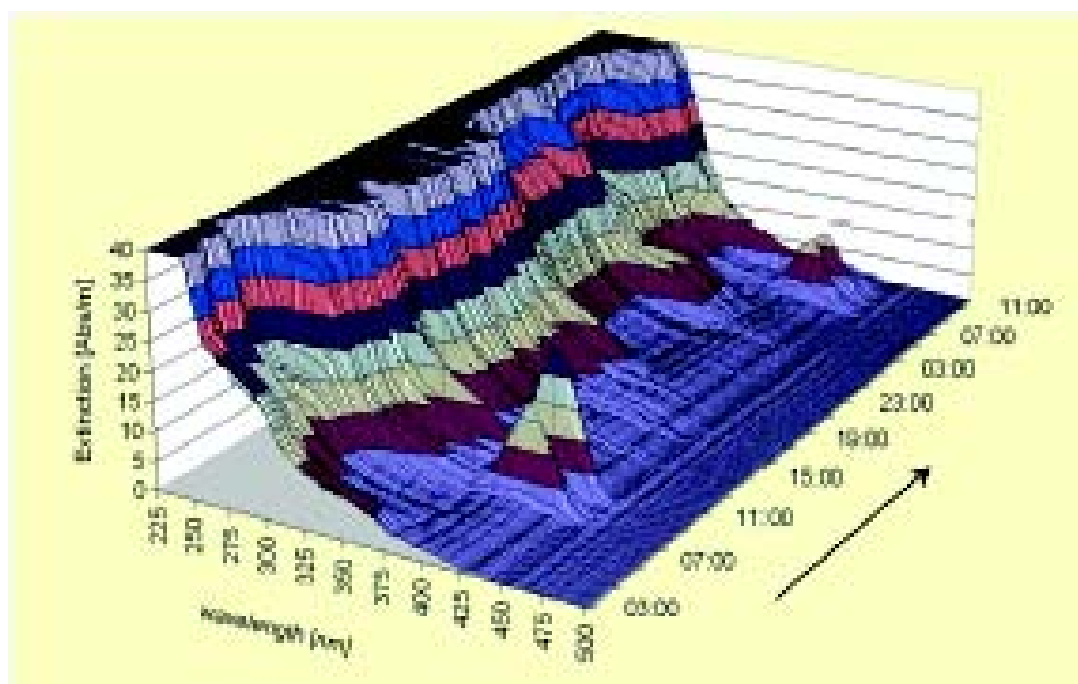


圖 4 3-D 吸收光譜圖譜

上述的全光譜感測探棒及智慧型感測器都是完全可浸入式，可用於現地(in-situ)安裝操作。當現場應用條件需要時，也可採用旁通式(by-pass)的設置，例如自來水送配水監測網絡的應用。此時，多功能微型水質監測儀是最佳的選擇，



僅需要提供電源及單一水樣連接，大幅提升了操作及維護的簡便性。多功能微型水質監測儀是模組化設計，包括一組操作控制平台及全光譜感測探棒，並且整合所有必要的感測器。操作平台的模組提供介面給所有額外的感測器以及與外部系統(SCADA，PLC 等等)的通訊介面。傳統的水質監測站盤體約為 200 x 200 x 80 cm，新一代的多功能微型水質監測儀的簡潔配置使得監測盤體的尺寸可小至 55 x 35 x 35 cm (圖 5)，可安裝於有限空間。



圖 5 多功能微型水質監測儀

爲了確保淨水場操作上的及時應變與民眾用水的水質安全，自來水原水及送配水水質的監控是不可或缺的一環。UV-Vis 吸收光譜分析法可同時量測多個水質參數，而且藉由光譜微分演算法可辨識出水質的異常變化。經由最新一代的

操作控制平台整合線上 UV-Vis 光譜分析探棒及所需的感測器模組，微型監測系統可提供即時的原水及送配水水質數據，並且可發揮原水及送配水異常事件預警的效果。

在實際應用面上，SCAN 公司提供了在中國武漢及美國紐約市裝置多功能微型水質監測儀的經驗，武漢以長江的水作為自來水水源，但是在武漢上游的長江不時有不明污染物進入取水站，為能確實掌握水水質的狀態，武漢自來水廠在長江沿岸及取導水渠道設置水質監測設備（圖 6），以便及時掌握水質，先前所採用的水質監控設備，體積龐大、無法即時提供水質訊息、購置及維護成本高且尚須不定時補充儀器所需之藥品人力需求也大，諸如上述之各項待改進的缺點，藉由向 SCAN 公司購置多功能微型水質監測儀（圖 7）檢驗項目包括 COD、BOD、TOC、DOC、硝酸鹽氮（ $\text{NO}_3^-$ ）、亞硝酸鹽氮（ $\text{NO}_2^-$ ）、氨氮（ $\text{NH}_4^+$ ）、懸浮微粒（SS）、pH、溶氧（ $\text{O}_2$ ）及溫度等多項水質參數，與傳統的水質監測相較多功能微型水質監測儀對於自來水水源早期河川預警提供了及有效的幫助，將許多的缺點大幅改善，提供了河川水質長期紀錄、即時反應的可能；在美國部份，紐約市基於用水安全計畫在市區內裝置 50 套以上的多功能微型水質監測儀（圖 8），可利用 PDA、手提電腦或行動觸控螢幕裝置，任何以網路應用程式的裝置都有可能藉由網絡纜線或無線連接至中央控制中心，當然包括 ID 檢查及安全密碼，目前正在進行供水系統線上測試，相信這在 911 事件後對於公共給水安全的提升將向前邁出大步，圖 9 為多功能微型水質監測儀架構及資訊傳遞圖，讓我們更了解對於所

提供之即時水質參數的應用。

台灣自來水水質來源非常多元，常因天候、農作及其他人爲活動或意外而造成水源水質安全上的隱憂，爲能提升水源水質安全、緊急應變處理時間、水資源的長期紀錄與分析，對於水質資料即時的掌握有其必要性。另在亞洲新加坡、杜拜、馬來西亞甚至是日本也都擁有多功能微型水質監測儀實機裝置，相信這將是自來水供應者一項不可或多的利器。

目前 HACH 是 SCAN 最主要的競爭對手，Andreas Weingartner 先生透露，數月前 HACH 亦併購相關軟體公司，進行相關類似研發與設計。據報章雜誌報導，IBM 亦於去年開始介入水管控之相關系統與軟體研發。事實上，世界級的大公司，包括 GE, Siemens、日本三菱、住友等公司，無一不在近年陸續投入資本併購或開發相關水處理領域的產品及市場，可以預期的對於自來水生產及供應品質的提升將會有新的思維。圖 10 爲參訪人員與 SCAN



圖 6 武漢自來水廠取水站及傳統水質監測設備

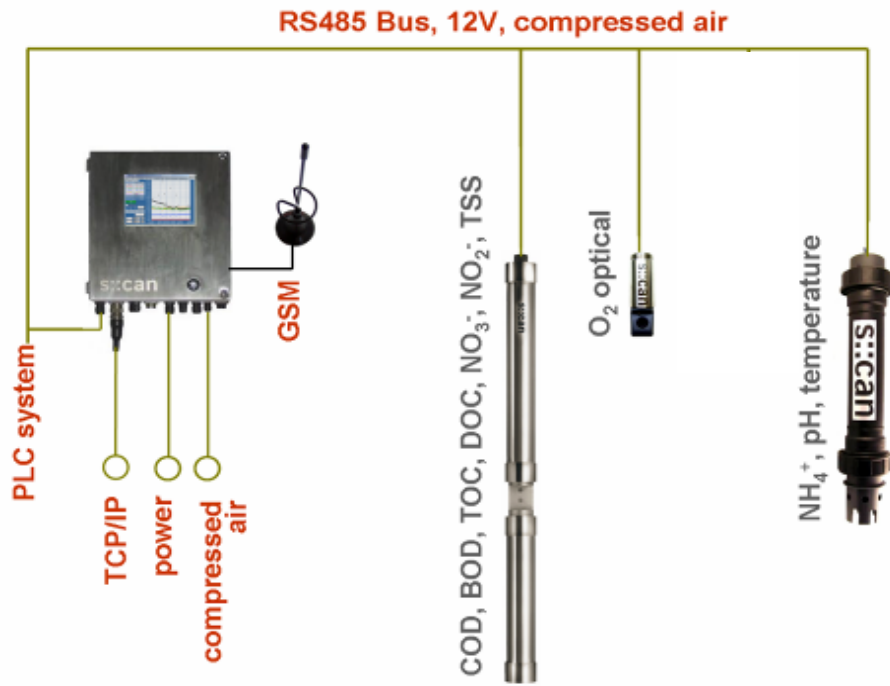


圖 7 武漢自來水廠多功能微型水質監測儀

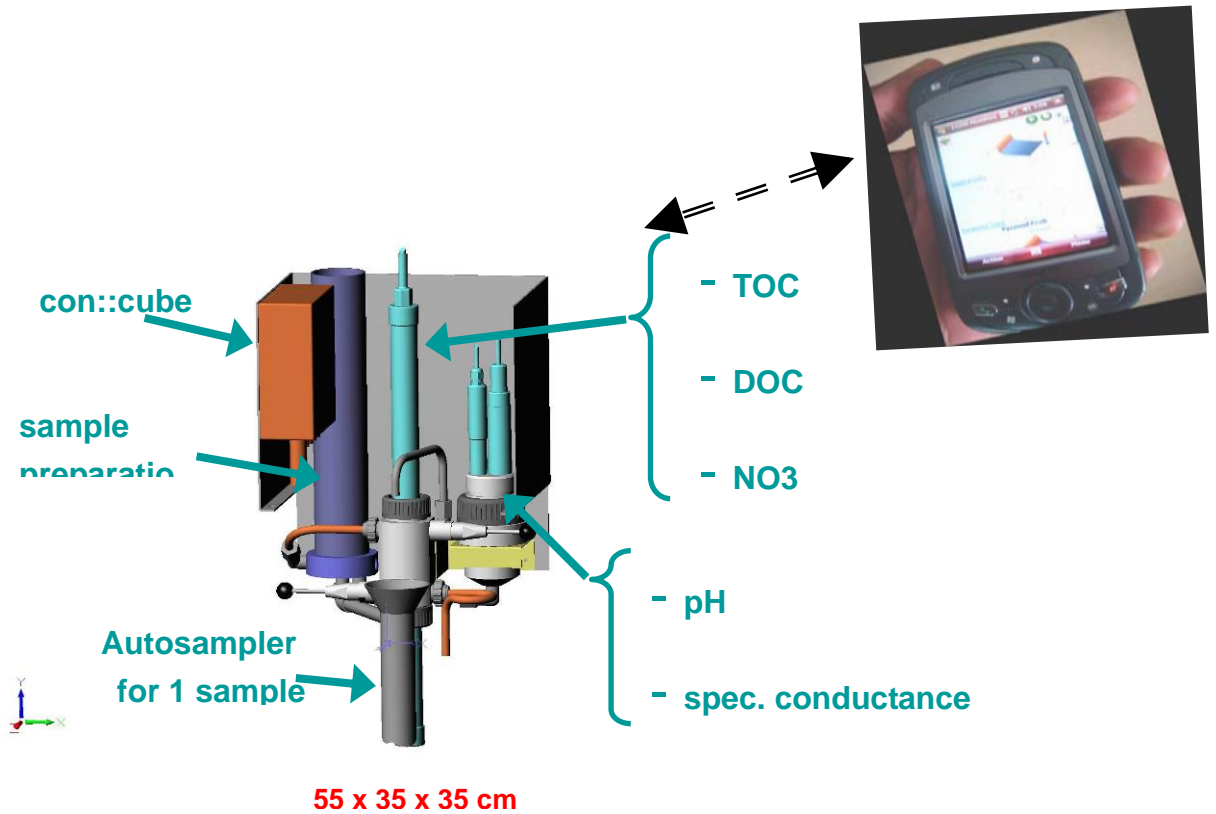


圖 8 紐約市供水系統多功能微型水質監測儀示意圖

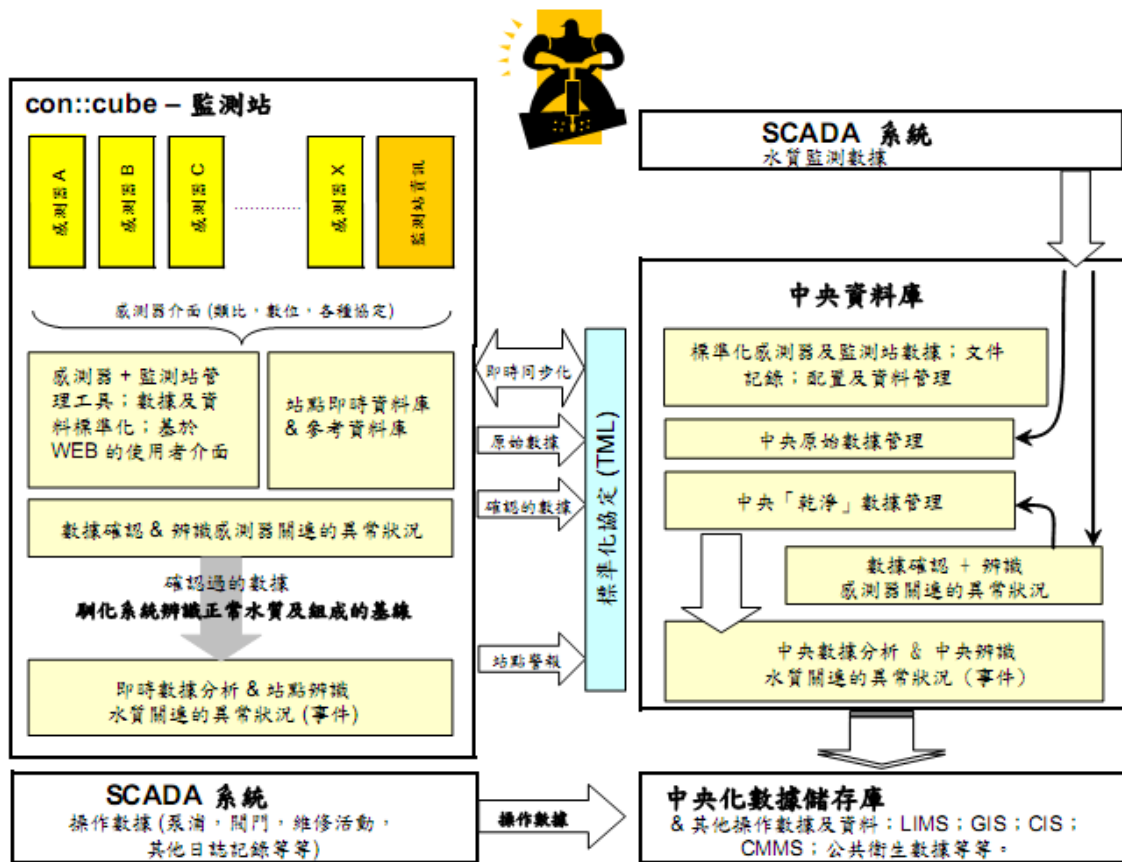


圖 9 多功能微型水質監測儀架構及資訊傳遞圖



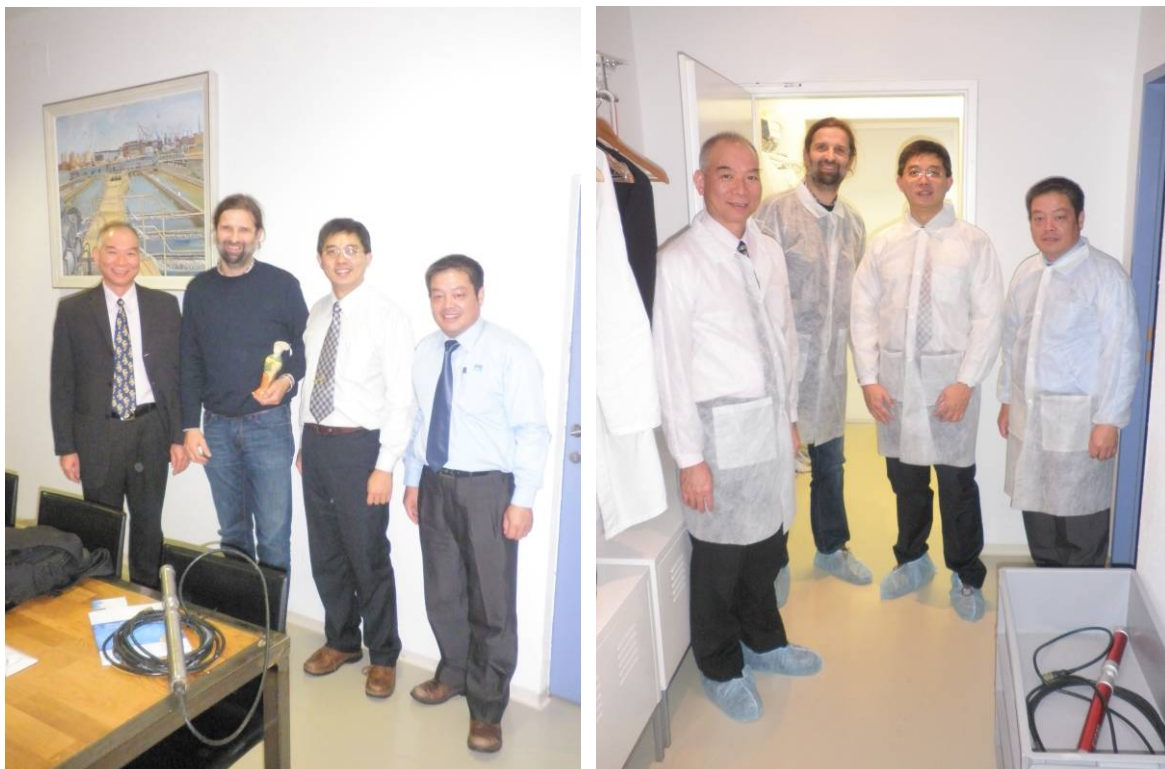


圖 10 參訪人員與 SCAN 公司人員合影及多功能微型水質監測儀

## 二、參訪維也納都市下水道污水廠(Vienna' s waste water treatment plant)

由污水廠 DI Stefan Zlinka 先生負責接待、導覽。維也納都市下水道污水廠概述：該污水廠由 EbS 公司營運，EbS 屬於維也納市政府，為公辦民營方式辦理，該廠區佔地面積 44 英畝，由約 160 名員工負責操作與維護，蒐集處理 98% 以上的維也納家庭污水。

第一期污水廠於 1980 年投入營運操作，並於 2005 年完成第二期擴建 (Siemens 承包設計及建設)，均採用曝氣生物污泥處理法，日處理量為 68 萬噸 (非雨季) ~ 155 萬噸(雨季，max.)，碳去除率可達 95%(BOD>95%，COD.>85%，TOC.>85%)，總氮去除率>70%；EPA 排放限值：BOD=15mg/L, COD=75,mg/L TOC=25mg/L，總磷 TP = 1 mg/L, 氨氮 = Ammonia 5mg/L，未曾有超標紀錄。

處理程序：gravel trap 礫石沈降區，每週去除 15 ton 的沈降物 >> screw pump 揚水幫浦>> screening plant 細篩機 >>sand trap 沈砂>> primary sedimentation 初沈 >>aeration tank 表面曝氣>> intermediate settling 中沈 >>aeration tank 曝氣盤曝氣 >>final clarification 終沈>>(未經消毒程序)排放口>>排放到多瑙河(Danube river 為承受水體)，最後流入黑海。以下將維也納污水處理場各處理程序以圖示的方式分述說明。(圖 11)

曝氣池的 OTR(oxygen transfer rate)為 4.2~4.8Kg O<sub>2</sub>/KW-H；全廠耗電 170MW-H/day；final clarification 終沈池直徑 64 m，為世界最大的設計之一，池中設計有一個簡易好用的浮渣去除裝置及溢流水均勻分配排放管；全程電腦自動



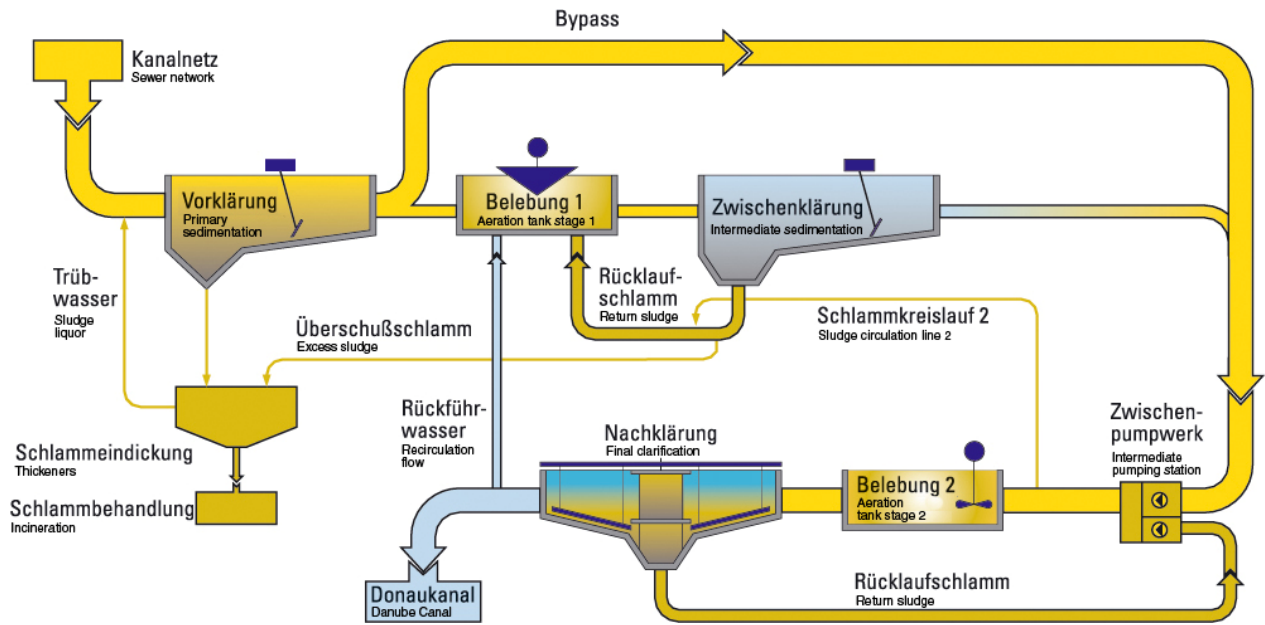
監控與操作，監控訊號採光纖傳輸。污水處理收費 Euro 1.7/m<sup>3</sup>(including sewer pipe system+ waste water treatment fee Euro 0.48)，附加於自來水費中徵收（家庭用多少自來水，就會產生多少廢水）。

維也納水務集團負責維也納城市的自來水供應及廢水處理，雖然在台灣自來水處理與污水處理分屬不同單位，但對於水處理原理而言其實是相通的，因此，在行程的安排上我們接受了維也納水務集團的安排參訪了污水處理廠，特別是在多功能微型水質監測儀上的運用，利用即時的水質傳輸與監控，有效的提供污水處理效能及去除率，穩定污水三級處理排放水質合乎歐盟標準。水處理流程中所用監測儀器大多為 HACH Lange 的產品，近年增設的監測儀，有多個為 SCAN 產品（有 Nitrate, pH, Ammonia, COD 等監測項目）。值得一提的是，利用多功能微型水質監測即時顯示並納入 PLC 控制後，對於生物高級處理的效益提升了 30%，傳統的生物三級處理(高級處理)其空間設計參數大都固定，也就是停留時間、供氣量、循環速度及迴流比等，在一定的參數下運行，當遇到水質或水量變化，往往無法立即反映，將可能造成處理效益降低，甚至導致微生物死亡、膨化而無法處理廢水，但是，利用多功能微型水質監測儀，即時提供操作人員調整所需之控制參數，處理品質提升了，也降低了能源的使用及浪費（圖 12）；就目前自來水事業而言，在淨水處理的程序中大都以濁度、餘氯或導電度等簡易的水質參數進行監控，若是加入了多功能微型水質監測儀，將可更清楚各階段的水質變化可預為控制及準備，對於品質提昇及穩定有正面效益。

維也納具有得天獨厚的天然條件，好山、好水、好田園，難怪可以孕育出這麼優美的藝術與文化，且由於各國嚴格遵守遊戲規則，致力環保工作，歐盟各國之間沒有經由空氣與降雨產生之跨國污染問題，在水資源缺乏的台灣，因為各用水標的的需求調查未完善，致使水權分配出現了爭執，而對於水量與水質間的經營與管理出現落差，從維也納人積極保護水源、珍惜水源並懂得規劃利用水源，實在值得我們學習。圖 13 為參訪人員與維也納污水處理廠人員合影。



圖 11 維也納污水處理場鳥瞰圖(1)



維也納污水處理場系統流程圖(2)



螺旋式揚升泵(3)





自動式細篩機正面(4)



自動式細篩機背面(5)



自動刮除式沉砂池（6）



自動刮除式沉澱池（7）





自動刮除式沉澱池（8）



沉澱池集水渠(含浮渣防止裝置)(9)



活性污泥池(10)



脱硝池(空池)(11)





脫硝池(運行中)(12)



終沉池(其構造及設計非常特別,底部爲刮泥板,表面設置螺旋刮渣,圖出部分爲集水管)(13)





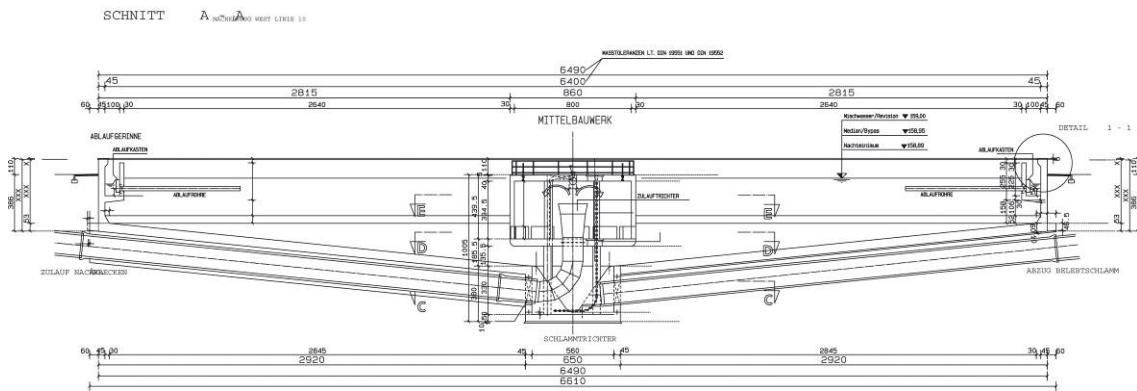
終沉池(14)



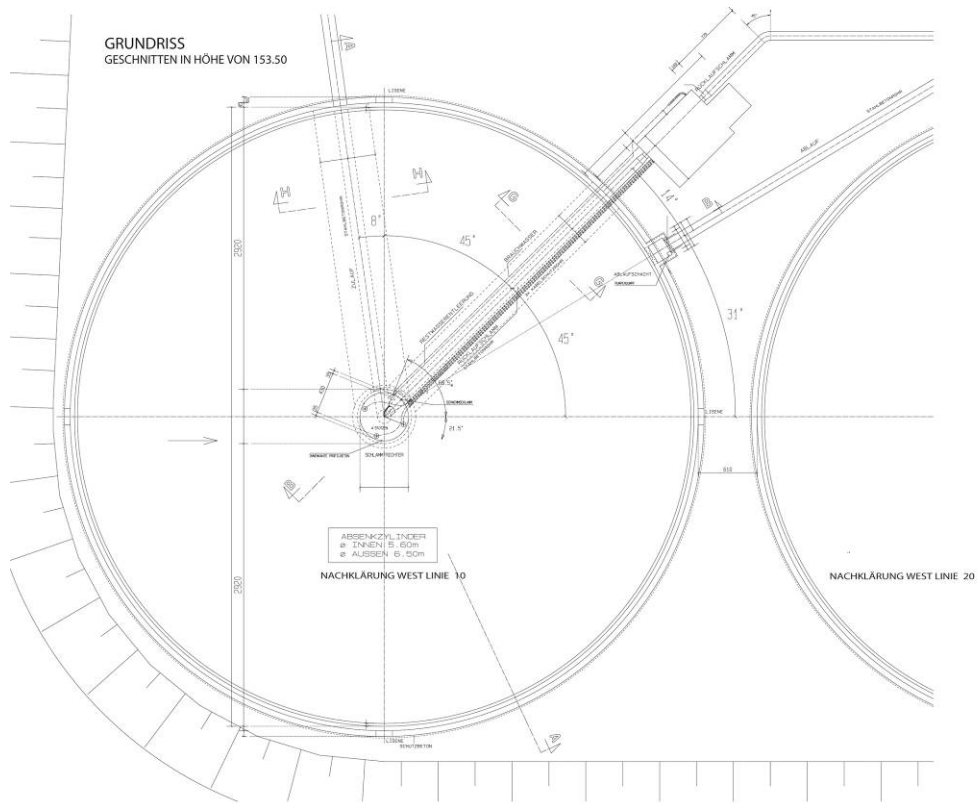
終沉池(15)



終沉池(16)



終沉池 (設計圖) (16)



終沉池（設計圖）(17)



排放口(18)





佈線、佈管完善的管道間(20)

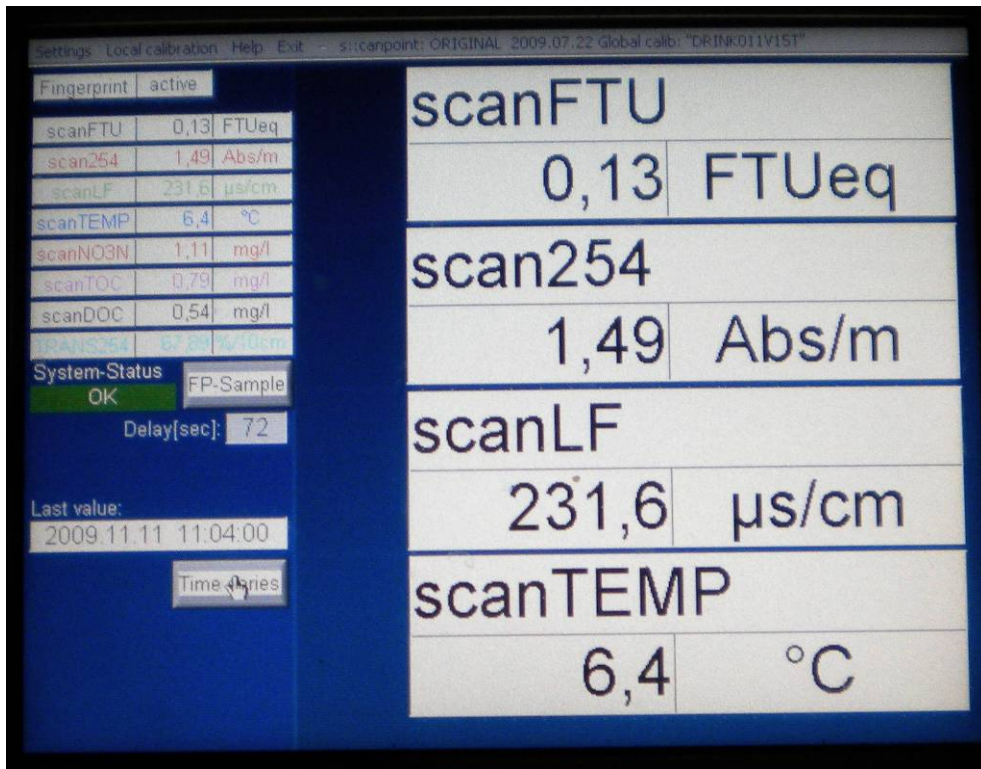


圖 12 多功能微型水質監測儀監控面板

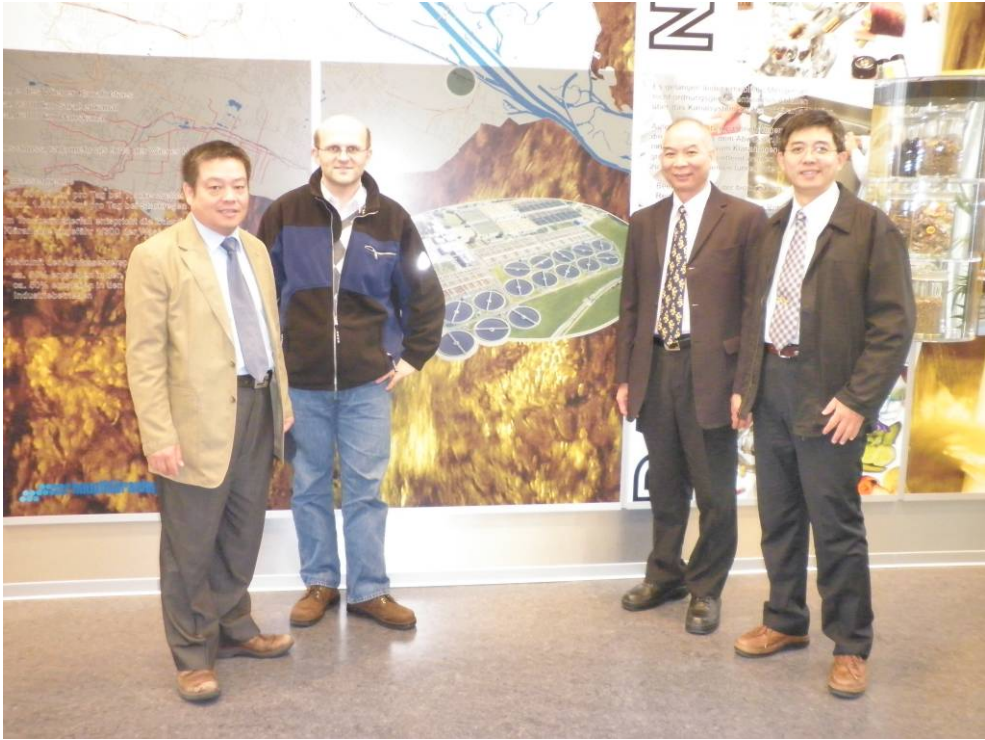


圖 13 與維也納污水處理場人員合影

### 三、參訪維也納淨水場(Vienna waterworks MA31)

維也納淨水場每天供應 400,000 m<sup>3</sup> 的自來水供維也納一百八十萬人口及工業使用，維也納自來水之供應來自阿爾卑斯山脈，早在 150 年前維也納皇室便在阿爾卑斯山脈鑿隧道取水，並利用導水渠將距離約 60 公里外的水導引至皇宮內使用（圖 14），之後隨著都市的開發需水量增加增鑿了取水涵洞，共有十三處取水站，再利用兩道導水主渠送入維也納市區（圖 15），為確保供水品質，自取水取涵洞、導水渠道、供水管網內裝置的超過 50 套的多功能微型水質監測儀，為水質安全進行把關。

參觀 Vienna waterworks MA31，位於 Northern Calcareous Alps：以山泉水為原水，其中我們參觀的是他們稱之為 Emperor Spring（帝王泉）取水涵洞之一。

該處安裝有 SCAN spectrolyser UV（圖 16），作為原水水質監控之用，Vienna waterworks 先後二批已經向 SCAN 買了 20 台 spectrolyser UV，以 UV 掃描圖譜監測水質之變化，並做長期上下游水質 UV 掃描圖譜比對，以觀測水質之變化，而非只監測某一個特定參數。經由這些取水站收集的山泉水，水的硬度

（Hardness）約為 6~11 度（德國硬度單位，約為 102~187mg/L；每一單位德國硬度約為 17mg/L total hardness），每天經由南北二大水渠（不是水管）系統，經過監控站的控制與調配，只要下大雨致使濁度升高到超過 1~1.5NTU 或透過多功能微型水質監測儀的即時通知與判斷水質異常，直接捨棄排放入溪流，確保公共給水穩定及安全。

山泉水不需經任何水處理程序，就以重力流的方式，由山上往下流經山谷與村莊，流經田野，水先進入二大蓄水池緩衝調節，再經由幫浦與管線（下大雨時，水質較差，因為森林土壤中的一些微生物，會隨著泉水滲出，進入取水系統；必要時，加入一點 chlorine or chlorine dioxide 消毒），。水渠檢修時，或需水量大時，不足的水量由 Danube Floodplains National Park 內的水井抽取地下水（經 chlorine or chlorine dioxide 消毒後）補充（這些地下水是由多瑙河（Danube river）經河畔土層過濾與滲入，水質良好）。

就水量而言維也納並不缺乏，他們認為水是孕育維也納活力的來源，因此於品質有著甚高要求，早期曾因一般平民供水品質不佳加上鼠疫，曾在該地區爆發嚴重的致死傳染病，事後為紀念該事件於市區中心設立三位一體柱提醒民眾這一段歷史，所以，現今的維也納政府對於供水品質預警系統相當重視，供配水系統更是獨創加入即時多功能水質監測，就目前只監控餘氯、水壓及流量的台灣供水系統而言，我們亟需反思。圖 17 為與帝王泉管理人員合影。





圖 14 自來水導水渠道施工及維護照片

⊕ 多功能微型水質監測儀—水質預警系統



圖 15 自來水導水渠道導水渠道配置圖



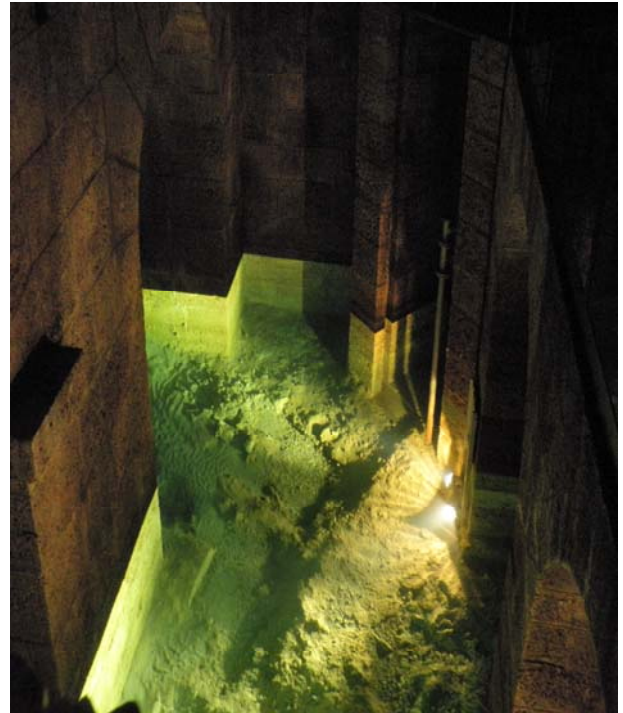
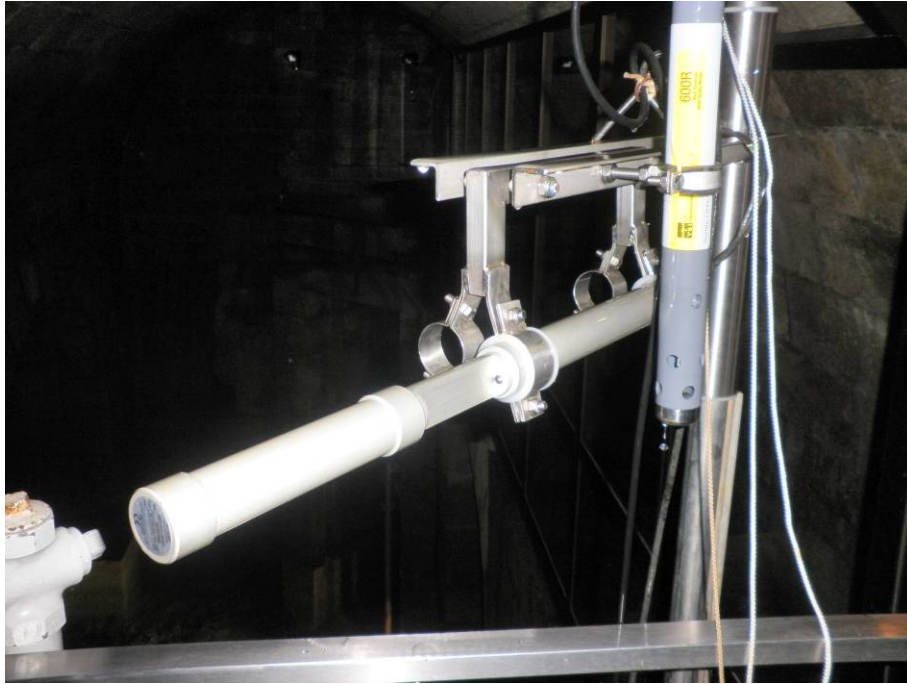


圖 16 帝王泉及多功能微型水質監測儀



圖 17 與帝王泉管理人員合影

#### 四、參訪柏林水務公司之 *Friedrichshagen* 自來水廠

Erlinwasser Gruppe 所屬 Berliner Wasserbetriebe 公司（德國銀行擁有相當股權）下的 Friedrichshagen 自來水廠，由廠長 Mr. Frank Herzlieb 負責簡報及帶領參觀廠區與解說。

柏林水務公司業務含括水及污水處理，現有 9 座淨水場、700 座水井，6 座廢水處理場及 148 座加壓站。目前共有員工 4,886 名（其中自來水部份員工數為 1060 名），每日供應飲用水 55 萬噸給 340 萬柏林用戶使用，總供水管線長 7,875 公里；污水處理量每日平均約 560,000M<sup>3</sup>，污水管線長 9,440km，4 座污水處理場及 148 座抽水站。每年售水之收入為 3 億 9,600 萬歐元，用戶接管收入 1,000 萬歐元，污水處理收入 6 億 9,900 萬歐元。

柏林面積 900 km<sup>2</sup>，人口 340 萬，原自來水廠分屬東西柏林，柏林圍牆 1989 年倒塌後，水廠間合作密切。市內共有九個給水廠，其中三個比較大。水源來自 150 個水井，給水廠之間具有聯絡管路，可互相支援供水（圖 18）。

柏林具有大面積水源保護區（入內需經許可），水源保護從小學生教育做起，水處理從水源保護做起，儘量維持天然純淨，水源保護得好，水處理就簡單，不必太強調淨水處理流程，平時不必加藥消毒（餘氯計顯示 0.00）（必要時才加藥）。所取用的地下水為免受污染，設有 3 層保護區。第一層保護區為離水井 10 公尺範圍內，此層保護區只能有水井抽水設施存在，避免污染物直接進入水井內；第 2 保護區，大約在 100 公尺範圍內，地下水在本區邊界停滯時間約 50 天，

即地下水由本區邊界流至地下水井需時 50 天。第 3 保護區，包括整個集水區，大約 2.5 公里，本區主要防止化學不純物滲透進入地下水體中。

Friedrichshagen 自來水廠之供水量，1989 年為 350,000 CMD, 到 2008 降低至 200,000CMD, 供水量總共降低 47% (圖 19)，這與一般城市用水逐年上升相反，最主要的原因在於節水利用觀念的落實與水價的提升，柏林地區平均一個人一天用水 110 公升 (台灣為 260 公升)。探討用水量降低的原因：水價高達每度 4.72 歐元 (自來水每度 2.18 歐元+家庭污水處理每度 2.54 歐元)，可見水價是對於節水推動的重要，人人有節水概念 (從飯店內的沖水馬桶之沖水設計，需要沖多久就沖多久，就可以看出節水概念)、漏水率低 (<5%)、生活習慣不同、四季氣候與台灣不同等，台灣目前水價與鄰近國家相比較明顯偏低，這對於節水或水回收利用的推動將是一大阻礙，對於水資源並不充沛而且天災頻仍的地區，一再的開發水源而不思索善用水資源，將會使我們面臨更大的需水壓力。

Friedrichshagen 自來水廠位於湖邊>>湖水經過土壤過濾>>進入 300 個水井，井深 30~40 m>>再進入水廠曝氣 (讓水中鐵錳氧化)>>過濾>>清水>>用戶。水處理流程非常簡單，處理流程都在室內 (只有反洗廢水池在室外)，非常乾淨，可媲美食品廠。曝氣塔：內有增進曝氣傳氧率的塑膠配氣材料，過濾池：採玻璃窗密閉式，共有 22 池，每一池 75 m<sup>2</sup>，採用雙層濾料，無煙煤粒徑 1.4~2.5 mm，厚 0.6 m；濾砂 0.7~1.25 mm，厚 1.4 m。操作水位 1.1 m，濾率=7 m/h，濾料每 15~20 年更換一次。採用濾料之粒徑，由實驗測試與決定，流程如圖 20。

反洗排水渠採用圓管切渠，可防濾料流失，管下反沖洗水上流順利(圖 21)；值得台灣的自來水廠學習。不同濾料高程處，安裝有壓力感測器（似乎是量測水頭損失用）。柏林人得天獨厚，有這麼好的土地，自然資源保護與教育做得好，自來水處理真是一項必須由文化、教育為基礎的民生事業。圖 22 為參訪人員與 Friedrichshagen 自來水廠廠長合影。

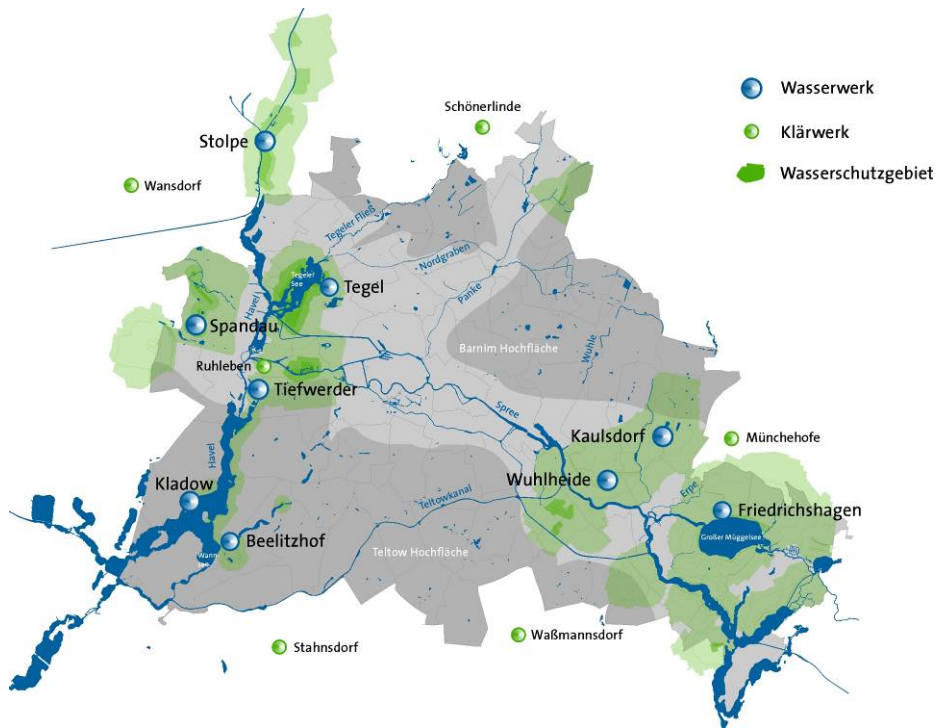


圖 18 柏林地區自來水場及污水處理廠位置圖



## 水的使用自1989年下降了45%

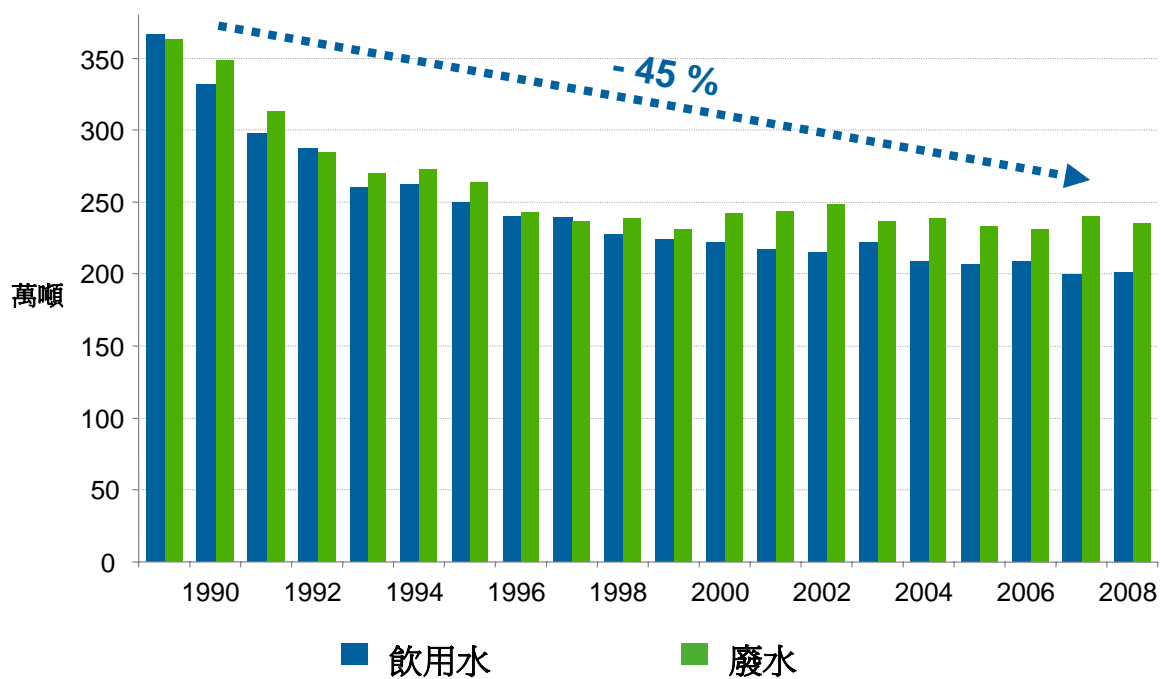


圖 19 近 20 年來柏林地區需水趨勢圖

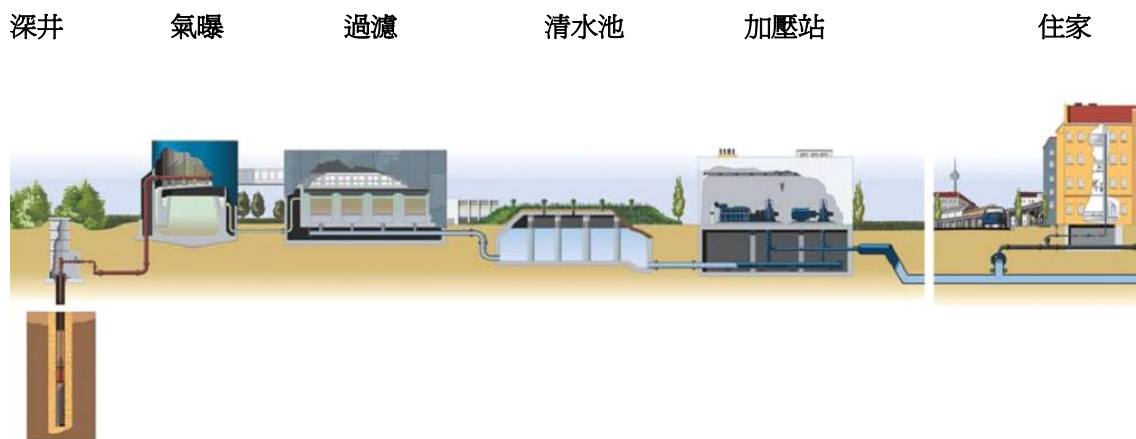


圖 20 Friedrichshagen 自來水廠淨水流程圖



圖 21 反洗排水渠採用圓管切渠

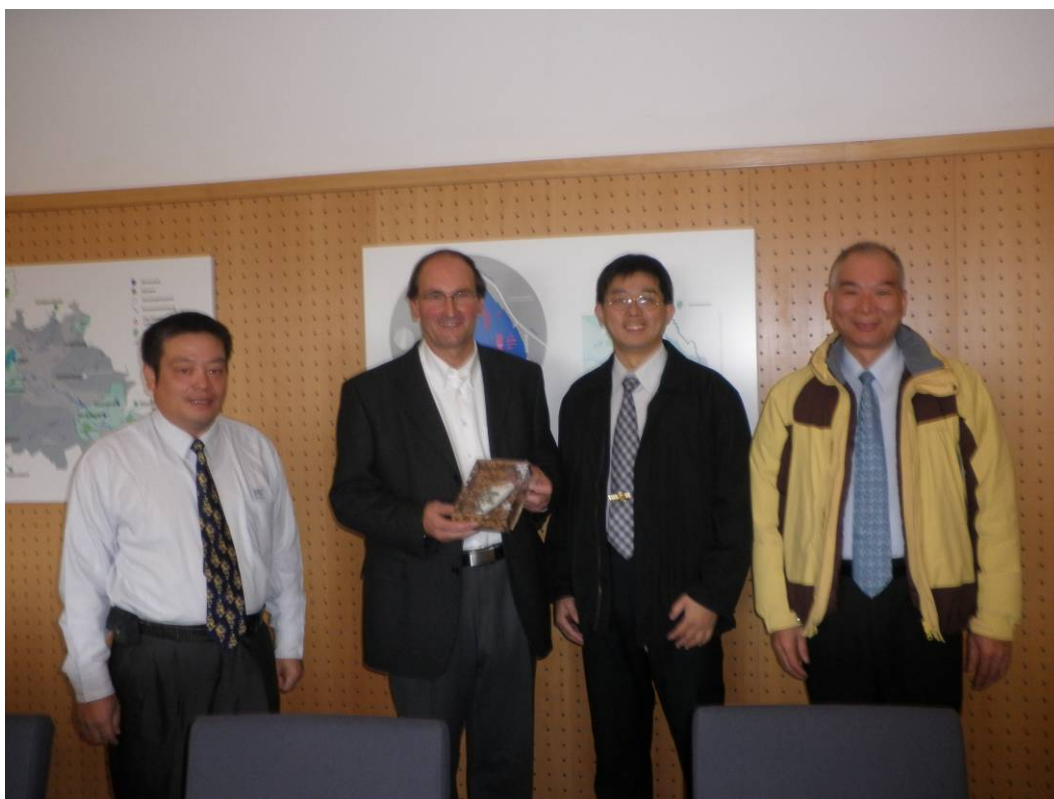


圖 22 參訪人員與 Friedrichshagen 自來水廠廠長合影

## 五、參訪參觀柏林水務公司所屬之 Wabmannsdorf 污水廠

由廠長 Mr. Siegfried Prenzel 負責簡報及帶領參觀廠區與解說。本污水廠佔地 120 畝（地的所有權為柏林市政府），現已經完成第一期，並正常運轉處理污水中，另預留空地做為日後擴建用。此污水廠在柏林市規模為第二大，處理柏林市及鄰近地區污水（來自家庭污水、商業區污水、工業廢水）191,000 CMD(非雨季)~330,000CMD(下大雨時)(柏林市區 92.9%，其他地區 7.1%)。

其處理流程（圖 23）：進流口>>篩網(screen)>>砂礫槽( grit chamber)>>初級沈澱池（池中採用鍊條式刮泥機 chain scraper）>>曝氣池（採用氧化渠式，內有二葉水推進器；曝氣管採用細砂製造的細曝氣管，為舒馬赫（音）公司供應）>>二沈池>>大部份排放到運河，小部份做為工業用水（做為沖洗水、消防水、冷卻水；用量約 900CMD）。污水全處理流程之滯留時間為 24 小時。

污泥處理程序：初級沈澱處理池>>污泥儲存槽>>污泥加熱>>蛋形消化槽，產生沼氣，供應發電機組發電（電為廠內自用）及污泥乾燥之熱源>>污泥進入離心式污泥脫水機>>污泥乾燥。

篩網(screen)區及砂礫槽( grit chamber)區水中逸散出來的臭味，以密閉方式抽取蒐集（圖 24），並以氣體洗滌塔（air scrubber）及生物過濾器(downstream biofilter）（圖 25）處理，將臭味降至最低。（現場參觀真的沒聞到什麼臭味）。廠中用到之金屬製品或設備，幾乎清一色是不銹鋼，各槽池壁幾乎都採清水模，槽池間之管子與機電線路都走管廊（維修容易，成本高）（而非台灣的污水廠管線



都走地下)，管廊大到可將工程車開進去。

德國水源充沛，水價高，民眾都有節水概念與行動。污水廠排放水處理與回收再利用，污水處理費：家庭污水 Euro 2.54/m<sup>3</sup>，另車庫及庭院收費 Euro 1.84/m<sup>2</sup>/year，而部份德國家庭，鑑於水價高，會設置簡易設備蒐集雨水，做為沖洗馬桶之用。圖 26 為參訪人員與 Wabmannsdorf 污水廠廠長合影。

抽水機房      細篩及沉砂池      初沉池      活性污泥池      終沉池      放流

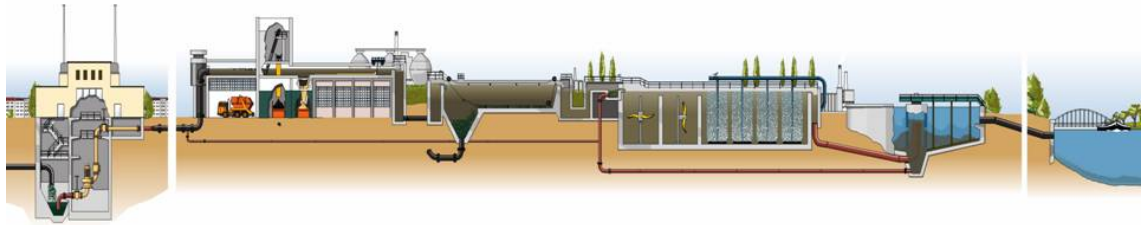


圖 23 Wabmannsdorf 污水廠處理流程



圖 24 利用密閉系統處理細篩及砂礫槽之廢氣



圖 25 利用木材作為廢氣排出之吸附質

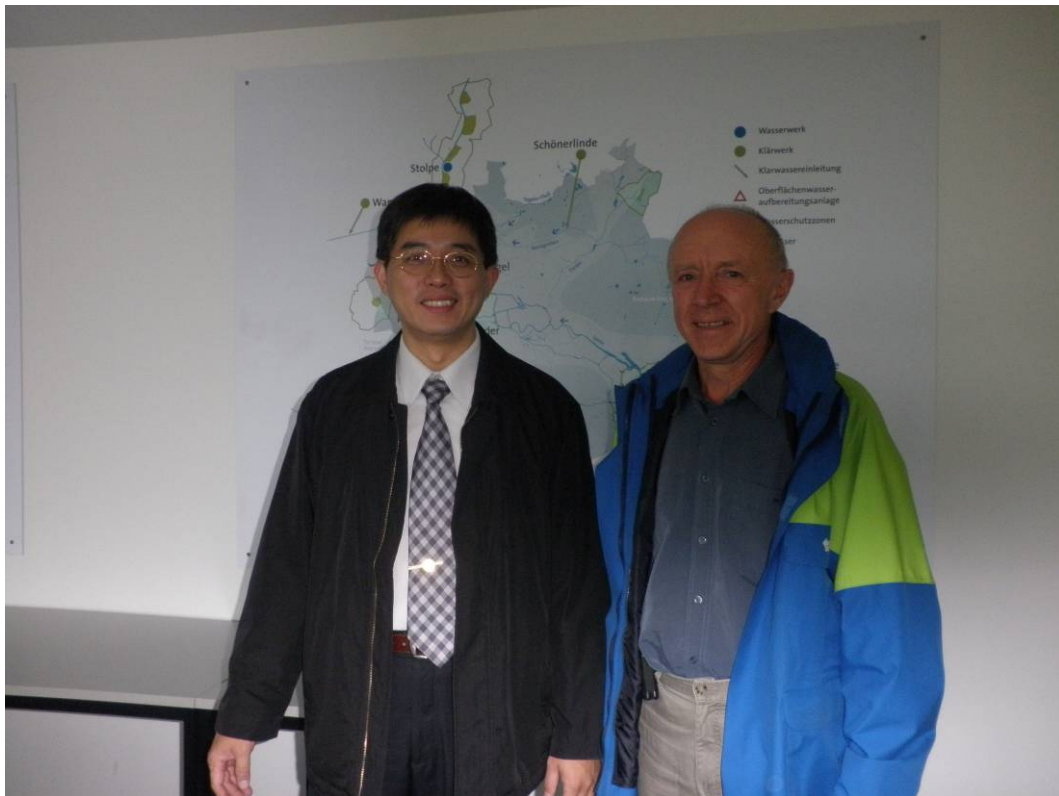


圖 26 與 Wabmannsdorf 污水廠廠長合影

## 六、參訪歐洲水務公司之 Rostock 自來水廠

羅勒斯特(Rostock)自來水委託由歐洲水務公司(Eura Wasser)經營管理，歐洲水務公司屬於 Suez 集團，此一集團目前在全球為八千萬人供應自來水，為五千萬人處理廢水，研發人員有四百人，歐洲水務公司執行水處理廠整合、改善、操作、維護、服務等，該公司並未生產硬體產品，歐洲水務公司積極在德國境內進自來水管理營運工作，圖 27 為德國境內歐洲水務公司之據點，圖 28 為公私合營的合作模式示意圖。

羅勒斯特/歐洲水務公司目前由當地政府持有略大於 50% 的股份，歐洲水務公司持有略小於 50% 的股份，所組合而成的自來水公司，並由歐洲水務公司負責操作、經營、維護、管理、用戶服務，政府部門不介入平時之運作，且利用風險管理方式(包括投保)，來分散水公司投資經營的風險。Rostock Wasser Werke 於 2009 年獲得 ISO22000 認證、並具有 DMS( document management system)、QM(quality management , more than 200 sop in this system)。

從 1989 年到 2008 年的十九年之間，羅勒斯特市的用水量降低了 70%，其原因為自 1989 年柏林圍牆倒塌後，人口外移 50,000 人（約佔 20%），現在只剩 20 萬人，且水價調高，每度水價約 NT\$ 85(Euro 1.9)，並大幅降低漏水率，讓整體羅勒斯特市的用水量銳減，估計今後每年會繼續降低 2%，目前羅勒斯特市的市民用水量為每人每日用水量為 89 公升(lpcd) ( 110~120 公升,德國平均)，家庭用水量逐年降低，是歐洲各先進國家的趨勢。惟因用水量急遽下降，造成原投資

難以回收，經營已有危機，目前正透過 **Kommunen**（公社，由水公司、議會、市政府等單位代表組成的委員會）檢討水價的調整。

羅勒斯特/歐洲水務公司從 **Warnow** 河取原水，該原水中因農業耕作施肥及森林落葉等因素，造成原水中硝酸鹽、氨氮、磷酸鹽及有機務等原水水質指標參數都高，且原水最高達 **pH 8**，因此必須加入硫酸予以調低。

處理流程（都在室內）：前臭氧，接觸時間約 4~5 min.，臭氧濃度約 1~1.8 mg/L>>沈澱池>>過濾池（雙層濾料）>>過濾水 $\leq$ 0.2 NTU>>後臭氧，濃度約 1~2 mg/L，reach 2 log removal，再加  $H_2O_2$ ，以增進氧化效率 >>以 NaOH 調回 PH7.5~7.5(降低 LSI) ( $\Delta PH \cong LSI + 0.2 \sim 0$ ) (與澄清湖給水廠之高級處程序差不多，只是 Rostock Wasser Werke 沒有結晶軟化，澄清湖給水廠後臭氧沒有再加  $H_2O_2$ ) >> $ClO_2$ , or/and  $Cl_2$ (4.5 mg/L in 1990 and 0.5 mg/L in 2008)，沈澱池的污泥 10% 回流>>送配水管線中加入 phosphate，以控制管線腐蝕。

Rostock Wasser Werke，以臭氧進行高級處理，而最大的問題是產生 Bromide（溴酸鹽，為一種致癌物質），故後臭氧的臭氧濃度需善加控制，目前之允許濃度為 0.5 mg/L 與台灣相同，本水廠前臭氧加入濃度 2.8 mg/L，後臭氧為 1.8 mg/L(並依據水質狀況添加  $H_2O_2$  以提高氧化力，惟需注意 Bromide 的產生濃度，後臭氧加入濃度不能太高，以  $ClO_2$  及/或  $Cl_2$  做送配水系統消毒劑，避免（或控制）產生 THM 等副產物，水質合格率為 98.5%；不合格時，採取停止供水手段。在水廠內以 Sigrist 的 photometer 做  $O_3$  產生器輸出之臭氧濃度量測，臭氧產



生率約為 9.85~10%。

所採用之活性炭為荷蘭 NORIT 顆粒活性炭產品，性能優異；每二~三年反洗一次（反洗太過頻繁，會使微生物相不穩定，降低有機物降解功能）。在 PAC 過濾池，大部分之有機物（此處為後臭氧產生之副產物）降解發生在上方~20 公分之 PAC 層。

20% 送配水管採用硬質 PE 管（最高水溫 25°C，低 ClO<sub>2</sub> 加藥地區）。已經開發出新的輸水管材 PEX，用以取代 HDPE（較易老化、耐壓力較低、抗消毒劑較差），Rostock Wasser Werke 漏水率低於 4%，德國平均為 8.5%。圖 29 與羅勒斯特/歐洲水務公司人員合影。

## Unternehmensstandorte 服務據點

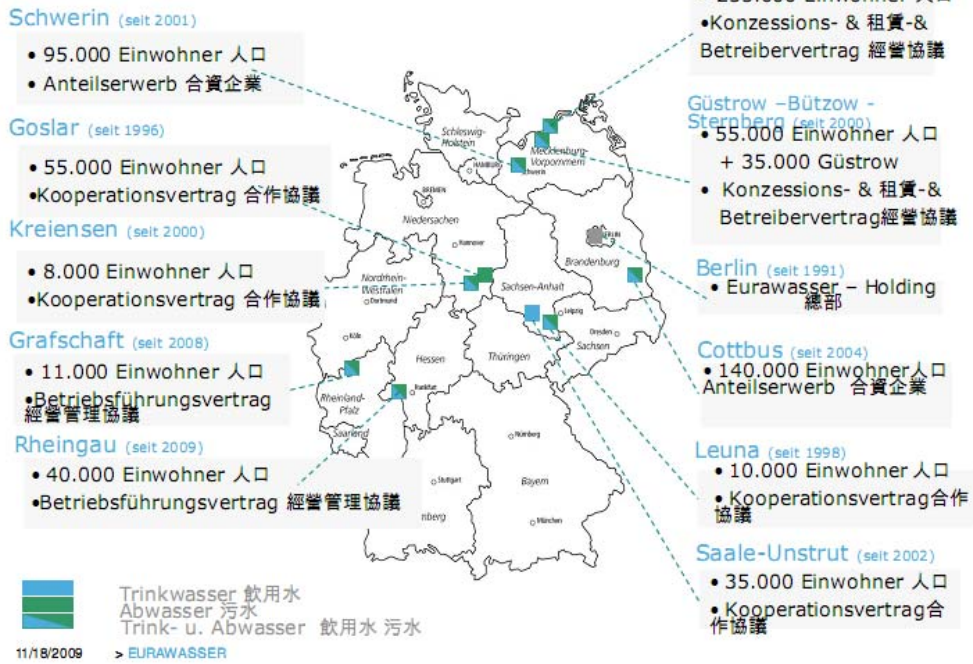


圖 27 歐洲水務公司在德國據點

## Modelle für Privat-Öffentliche Partnerschaften 公私夥伴關係合作模式 (PPP)

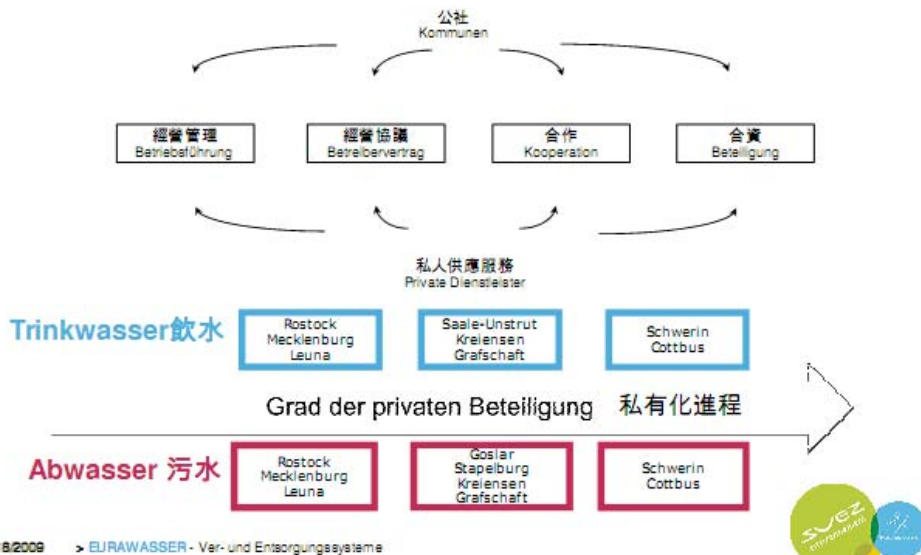


圖 28 公私合營的合作模式示意



圖 29 與羅勒斯特/歐洲水務公司人員合影

## 七、參訪柏林水務公司國際部

由 Mr. Uwe Wiegand, 董事長, 柏林水務中國控股有限公司, 隸屬於 Berliner Wasserbetriebe, 該公司目前在中國西安 (330,000CMD)、南昌(170,000CMD)、合肥等城市, 都有 BOT 的污水廠完工運轉中。用中國銀行的資金, 土木包給中國的公司承建, 由當地聘人加以培訓為操作維護人員。進口之水處理設備 <10% 投資金額。

目前收操作處理費: 南昌 RMB 0.59/m<sup>3</sup>、合肥 RMB 0.8/m<sup>3</sup>。取之於當地, 用之於當地, 以技術及經驗賺當地的錢。對於台灣自來水公司所面臨, 大雨或颱風期間之原水高濁度, 表示可提供資料給他們的團隊研究, Berliner Wasserbetriebe 樂於設法找出解決方案給本公司參考。

拜訪柏林水務公司國際部最主要的是想了解國際水處理公司合作模式, 本公司目前已有高級淨水場、海水淡化廠等約 7 個合作夥伴, 但是就合作的機會上尚在摸索適當的模式, 以柏林水務公司在全世界各地的合作經驗告訴我們, 除了在地的文化外, 公平、合理的契約是最基本也是最重要的開始, 而為延續永續的營運, 在管理的彈性、技術的提升與持續研發及在地化的問題深入, 都將影響企業的生存。圖 30 與柏林水務公司國際部人員合影。



圖 30 與柏林水務公司國際部人員合影



## 肆、研習心得及建議

- 一、自來水事業體應隨時檢視既有之處理技術，在處理品質、環境負荷、成本效益、民眾觀感及水價調整上有更具體的呈現，當水處理技術或設備需進行改進時，除了尋求技術、設備支援外，尚須由企業文化、管理模式進行全面性的檢討與改造。
- 二、本次參訪的水務公司，都提到希望能擴大雙邊的交流，包括技術、管理及商業行為，也除了盡一份地球村一員的責任外，淨水技術輸出也是一向不能忽略的商機；國際淨水營運及技術日新月進，公司應積極拓展國際事務以增進本身的淨水技術，與世界接軌。
- 三、柏林水務公司於供水系統的服務上積極推動地理資訊系統(GIS)，以具有初步成效，各區處對於 GIS 的運用也越來越廣泛，從基本的管線圖資於作維護的運用到客服導引都提供了非常大的協助，值得我們學習。
- 四、水質檢驗與監測，均同時強調原水監測系統、送配水水質監測系統、實驗室檢驗設備、機動式檢驗設備等四大項都應俱全，在這次參訪的行程當中發現，SCAN 公司對於水質監控技術整合的用心；為提升本公司整體供水品質及安全，監控（水質、水量、水壓）是否完整、有效，將是最直接反應的要件。
- 五、與傳統的水質監測相較多功能微型水質監測儀對於自來水水源早期河川預

警提供了及有效的幫助，將許多的缺點大幅改善，提供了河川水質長期紀錄、即時反應的可能。台灣自來水水質來源非常多元，常因天候、農作及其他人為活動或意外而造成水源水質安全上的隱憂，為能提升水源水質安全、緊急應變處理時間、水資源的長期紀錄與分析，對於水質資料即時的掌握有其必要性。另在亞洲新加坡、杜拜、馬來西亞甚至是日本也都擁有多功能微型水質監測儀實機裝置，相信這將是自來水供應者一項不可或多的利器。

六、維也納具有得天獨厚的天然條件，好山、好水、好田園，難怪可以孕育出這麼優美的藝術與文化，且由於各國嚴格遵守遊戲規則，致力環保工作，歐盟各國之間沒有經由空氣與降雨產生之跨國污染問題，在水資源缺乏的台灣，因為各用水標的的需求調查未完善，致使水權分配出現了爭執，而對於水量與水質間的經營與管理出現落差，從維也納人積極保護水源、珍惜水源並懂得規劃利用水源，實在值得我們學習。

## 謝 誌

此次行程感謝國立交通大學袁如馨教授、今日儀器公司廖鎮東先生、水工社莊世享先生、工研院陳建宏先生、Mrs Marina Sabelfeld、羅勒斯特大學沈建昌先生、經濟部國合處趙孟華小姐及張玉燕小姐之大力協助，方得以參觀拜會等，殊屬機會難得。更感謝 SCAN 公司、維也納水務集團、柏林水務集團及歐洲水務集團相關人員，妥善接待及詳盡的說明，若我受益良多，非常感謝他們的辛勞與用心。