

出國報告（出國類別：參加國際會議）

參加「第6屆國際水協會亞太地區會議及展覽會 (IWA-ASPIRE Conference & Exhibition)」

報告人：陳監事會召集人曼莉

李育樟

朱健行

李育輯

蔡淑惠

派赴國家：中國北京

出國期間：104年9月20日至~104年9月26日

報告日期：104年10月31日

目錄

壹、緣起與目的	4
貳、與會過程與內容	5
一、 行程紀要	5
二、 參與 2015 第 6 屆「國際水協會亞太地區會議及展覽會」概述	6
(一) 報到及開幕	6
(二) 研討會暨展示會	7
(三) 大會歡迎晚會及晚宴	8
(四) 論文發表	10
參、2015 國際水協會亞太地區自來水相關議題之專題演講	15
一、 專題演講	15
二、 口頭講述 (Oral Presentation)	23
三、 海報展示(Poster Presentation)	24
肆、漏損控制 (Water Loss) 論壇介紹	27
一、 漏損控制 (Water Loss) 論壇之目的	28
二、 北京	28
(一) 漏損現況與重要數據	28
(二) 近年漏損控制工作及成效	29
三、 臺北	40
(一) 漏損控制計畫緣起	40
(二) 計畫執行措施	42
(三) 漏損控制成效	51
四、 澳門	53
(一) 基本數據	53
(二) 案例分享	58
五、 香港	60
(一) 漏控的起因與背景	60
(二) 管網改善計畫與小區管理措施	61
(三) 設置「智管網」的規劃	65
六、 上海浦東威立雅	67
伍、展示會資訊、技術及產品介紹	74
一、 展示會簡介	74
二、 重要攤位介紹	77
(一) 日本水道協會：	77
(二) 安桓集團：	78
(三) 新歌閥門公司(SINGER VALVE)：	78
(四) 蘇伊士集團(SUEZ)：	79
(五) 深圳市拓安信自動化儀表公司	79
陸、技術參訪實錄	82
一、 南水北調緣由	82

(一)	背景說明	82
(二)	水怎麼來	82
(三)	水怎麼用	82
(四)	保護與管理	83
(五)	遠期規劃	83
二、	北京市南水北調配套工程－郭公庄淨水廠	83
(一)	工程概況	83
(二)	原水	84
(三)	工藝試驗	85
(四)	水處理工藝	86
(五)	工程建設	87
(六)	防塵衣及拋棄式防塵鞋套	90
三、	南水北調-參訪中線工程的團城湖明渠	91
四、	臺北自來水事業處向北京自來水集團提問議題集	94
(一)	漏損控制	94
(二)	水質與淨水處理	96
柒、	城市印象	98
一、	歷史古都的城市	98
(一)	南鑼鼓巷、烟袋斜街	98
(二)	后海及胡同	99
(三)	天安門、紫京城	99
(四)	頤和園	101
二、	北京大學	101
三、	清華大學	102
四、	798 藝術園區.....	102
五、	鳥巢及奧林匹克公園	103
捌、	結論與建議	104
玖、	參考文獻	107
拾、	附錄	108

壹、緣起與目的

在全球氣候變遷的影響下，確保安全穩定的自來水供應，並創造永續經營的水環境，已成為目前世界各國所面臨之迫切問題。自來水工程技術不斷進步，在相關技術及環境條件要求下，自來水管理及技術工法，較以往已有相當之進步。然而，自來水主管機關應持續建立與自來水同業間之經驗交流，擷取學習先進自來水新式技術，尋求更符合大臺北地區施工條件及地理環境之管材設備及方法，以達到提升施工效率並降低漏水率之目標。亞太地區國家之供水體系及國情與我國相近，相關作法值得我們進一步瞭解及學習。

國際水協會（International Water Association）為全球最大規模之水領域交流及合作平台，而每 2 年舉辦 1 次亞太地區會議及展覽會(IWA-ASPIRE Congress & Exhibition) 則為亞洲區年會，亞洲各國產、官、學界等專家共聚一堂，進行學術性研討與交流，並展示各項新開發之自來水相關材料設備與技術。2015 年亞太地區會議及展覽會於 9 月 20 日至 9 月 24 日於中國北京舉行，發表 500 多篇以上的論文（臺北自來水事業處 6 篇論文發表），內容涵跨飲用水水質、淨水處理、管網調配、水質監測、水資源管理與保護等自來水相關議題之最新研究成果與經驗分享。藉由派員參加國際水協會亞太地區會議及展覽會，並參訪北京當地自來水取供水、淨水相關設施，吸收當前都市之自來水管理及工程技術等資訊，並與國際接軌，瞭解最新水技術脈動，期望引進亞太各國先進自來水事業之管理、施工先進觀念，提升國內自來水從業人員知能，達到強化管理及施工技術，及建立國際友好交流目標，亦提升本處之國際能見度。

本次行程由陳副處長曼莉率隊，除參加國際水協會亞太地區會議及展覽會，亦一併工程參訪南水北調配套工程－「郭公庄淨水廠及中線工程的團城湖明渠」，就自來水事業所面臨的共同議題，諸如：淨水處理、淨水效能、水質檢驗、供水規劃、及管網改善等處理方式，交換意見，茲就我們所行、所見、所學、所思及所期盼，提出報告。

貳、與會過程與內容

一、行程紀要

本次出國參加 2015 第 6 屆「國際水協會亞太地區會議及展覽會」日期自 104 年 9 月 20 日至 26 日，共計 7 日，其行程與內容詳如下表所示：

表 2-1 行程表

日期	行 程
9 月 20 日 (週日)	啓程 臺北 → 北京 參加註冊及歡迎晚會。
9 月 21 日 (週一)	參加大會開幕典禮及專題演講。 陳曼莉副處長受邀 Water Loss 論壇，發表「臺北的漏損控制」 朱健行口頭發表論文
9 月 22 日 (週二)	參加研討會、展覽會 李育輯口頭發表論文
9 月 23 日 (週三)	參加研討會、展覽會、閉幕典禮及晚宴 李育彰口頭發表論文 蔡淑惠口頭發表論文
9 月 24 日 (週四)	工程參訪
9 月 25 日 (週五)	城市參訪
9 月 26 日 (週六)	回程 北京 → 臺北

本行程任務：

- (一)與會交流世界各國水務發展及了解自來水新知。
- (二)參加論壇及口頭發表論文。
- (三)參訪南水北調配套工程－郭公庄淨水廠及中線工程的團城湖明渠，作專業業務交流及交誼。

二、 參與 2015 第 6 屆「國際水協會亞太地區會議及展覽會」概述

(一) 報到及開幕

2015 年 IWA ASPIRE 在中國北京舉行，北京是中國的首都，佔地面積 16,800 平方公里，人口達 2,100 萬。在 2013 年底北京已有 3,000 多年的歷史，其中 850 年為元朝（1271-1368）、明朝（1368-1644）及清朝（1644-1911）的首都。所以這個城市蘊含精彩，無數的世界文化遺產。隨著中國經濟的快速成長，北京正以它古老又時尚的全新面貌，發展成一座現代化的國際城市。

會場設於北京國際會議中心(Beijing International Convention Center)，毗鄰鳥巢和水立方，以東 20 公里到北京國際機場、9 公里到天安門廣場；朝西 10 公里到頤和園，往北 80 公里到長城，該中心位於繁華的亞運村、沿北京北四環路區域。(2015 第 6 屆 IWA ASPIRE 官方網站 <http://www.iwaaspire2015.org/>)



圖 2-1 北京國際會議中心及報到處

開幕典禮於 9 月 21 日上午舉行，由 IWA ASPIRE 2015 的主席 Min Yang 教授開場致辭。接續由國立清華大學黃霞(Xia Huang)博士主持專題演講(Plenary Speech)邀請 5 位演講者，演講內容參見第 3 章。

1. 國際水協會總裁 Helmut Kroiss 教授主講「“Quality Standards” Their Role For Water Protection And Cost Efficiency In River Basin」。
2. 中國城市科學研究會總裁仇保興(Baoxing Qiu)教授主講「Six Stories of Urban Water Affairs in China」。
3. 馬來西亞 SMHB Sdn Bhd Ir. Syed Muhammad Shahabudin 教授主講「Sustainable Water Services Management in Malaysia : Key Challenges in taking Water Demand Management Forward」。
4. 瑞士 EAWAG, the Swiss Institute of Aquatic Science & Technology Rik Eggen 教授主講「Developments, Threads To Human And Environmental Health, Research

Needs And Mitigation Strategies」。

5. 中國科技學院生態環境中心曲久輝(Jiuhui Qu)教授主講「Technology Vision of Future Water Treatment Plants」。



圖 2-2 國立清華大學黃霞(Xia Huang)博士主持專題演講

(二) 研討會暨展示會

第 6 屆「國際水協會亞太地區會議及展覽會(The 6th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition)」計有 24 個相關單位公司參加，各參加單位引進目前最先進的技術及產品。

海報論文展示會自 9 月 20 日~9 月 24 日展示，計 256 篇。



圖 2-3 展示會會場與張貼海報論文會場照片

(三) 大會歡迎晚會及晚宴

第 6 屆「國際水協會亞太地區會議及展覽會(The 6th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition)」之歡迎晚會於 9 月 20 日晚間 18:30 ~ 20:00 於 BICC 北京國際會議中心 2 樓舉行。參加人員藉此機會餐敘對談外，並觀賞大會安排傳統樂器表演。



圖 2-4 大會歡迎晚會照片

大會於 9 月 23 日晚間 17:30 ~ 20:00 於凱瑞御仙都中國皇家菜博物館舉行閉幕式典禮及晚宴，Jiuhui Qu 教授謝謝大家參與，並報告本次大會頒獎海報論文獎項，本國臺北自來水事業處黃欽稜工程師從世界各國脫穎而出，榮獲「The Third Award of Best Poster in the 6th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition」獎項，進行頒獎及拍照儀式後，晚宴接續於 18:00 ~ 20:00 舉行，並安排一連串表演節目。晚宴中主席 Jiuhui Qu 教授將主辦牌誌交給馬來西亞代表，歡迎大家在 2017 年參加馬來西亞吉隆坡會議中心舉行的第 7 屆 IWA-ASPIRE 研討會後，正式宣告大會閉幕。

圖 2-5 本國臺北自來水事業處黃欽稜工程師獲獎合影



圖 2-6 晚宴中主辦牌誌交給馬來西亞代表

國際及地區內自來水從業人員，藉餐敘機會交流對談，增進彼此之間的經驗分享，與會的人員也趁此機會交流及拍照留念。

圖 2-7 大會晚宴北水處參加人員與水協會吳秘書長及王常務理事合影



圖 2-8 大會晚宴北水處人員與各國代表合影

(四) 論文發表

本次第 6 屆國際水協會亞太地區會議，口頭論文發表共計安排 285 篇，海報論文 256 篇。口頭論文發表因數量龐大，在 9 月 21 日至 9 月 23 日計 3 天安排 9 個會議室，以每間會議室每天上、中、下午各 2~3 個議程(Session)，每個議程安排 4~6 篇論文(Presentation, 每篇 15 分鐘含提問)。研討會期間總計安排 62 個議程。

依論文主題可分為 14 大類，每類的數量如下：

1. Water Reuse and Rainwater Harvesting 水再利用及雨水集蓄—9 篇
2. Water and Climate 水與氣候—10 篇

3. Drinking Water Treatment and Distribution 飲用水處理與分配—65 篇
4. Industrial Wastewater Treatment 工業污水處理—56 篇
5. Sludge Management and Energy Recovery 污泥管理及能源回收—25 篇
6. Diffuse Pollution Control and Management 擴散污染控制及管理—10 篇
7. Water Resource and Water Quality Monitoring 水資源及水質監控—41 篇
8. Small-Scale Decentralized Treatment Systems 小規模分散式處理系統—7 篇
9. Optimization and Operation of Sewage Treatment System 污水處理系統的最佳化及操作—8 篇
10. Membrane Technology 膜技術—17 篇
11. Nutrients Removal and Resource Recovery 脫氮除磷和資源回收—15 篇
12. Integrated Solutions Towards Water Sustainability in Cities of the Future 整合解決實現水資源永續的城市—8 篇
13. Wastewater Treatment Microbiology 污水微生物處理—8 篇
14. Economics, Policies, Regulations and Education on Water Environment 在經濟、政策、法規、教育面上的水環境—6 篇

此次獲 IWA 邀請 Oral Presentation 的台灣區發表論文共有 4 篇，分別為臺北自來水事業處朱健行「Meeting On The Impact And Survive From Extreme Drought Of Climate Change」、李育輯「Sonochemical Degradation Of Perfluorooctanoic Acid Using Periodate」、蔡淑惠「A Study On The Under Registration Reduction Of Electronic Meters In Taipei」與李育樟「The Cost Saving Strategies On Water Supply」各篇摘要簡述如下：

1. 正視臺灣旱象危機之探討「Meeting On The Impact And Survive From Extreme Drought Of Climate Change」：朱健行(口頭發表)。

由於地球暖化越來越嚴重，以至於牽動全球氣候的變遷及極端氣候的異常現象。氣候變遷與極端氣候將可能發生極端降雨強度的增加，連續不降雨日的期間變長，以及平均溫度上等不正常現象，並造成水資源供給不確定性提高，以致於提高水源的稀少性和不穩定性。面對氣候變遷與極端氣候，自來水事業如何有效因應與防範氣候變遷所造成的影響與衝擊，並確保穩定供水，成為當前相當重要的話題。

本研究旨在分析，目前台灣地區水資源現況與重要性；並探討北台灣缺水之主因，遠從多年前即有「三年一小旱十年一大旱」之景象預言，這次寶島台灣碰到，67 年以來最嚴重缺水旱災事件，從時間空間不均勻、不協調之降水，導致水資源失調，北台灣惟獨翡翠水庫蓄水仍有 80.1%，全台 19 個水庫蓄水量超過 7 成約僅餘 3 座，嚴重缺水水庫高達 8 座；針對 2015 年之實例探討北台灣缺水原由與氣候變遷、地形地質條件、

水庫因素等之密切關係，是當前台灣面臨缺水之主因；本文中並提出相關抗旱對策，以提供未來進一步相關之研究及因應抗旱衝擊。

圖 2-9 台灣石門水庫嚴重乾旱情形
劇之趨勢

圖 2-10 臺灣觀察到旱澇加

該論文的主持人 IWA 執行長 Paul Reiter 與參加該場次報告人包括台灣、中國與外蒙古共和國，在最後報告完畢後，Paul Reiter 邀請各演講者再次上台，對亞洲區甚至全球的氣候變遷再做一次評論，並再次開放台下聽眾提問，而各國與會者一起討論，整個過程讓人感覺面對氣候變遷得確是全球性的問題，而我們皆是地球村的居民，共同為全球的氣候變遷而努力，有一種 “We are Together” 世界一體的表達，場面十分溫馨感人。

2. 「Sonochemical Degradation Of Perfluorooctanoic Acid Using Periodate」：李育輯(口頭發表)。

本研究主要利用 Periodate 提升超音波降解 PFOA 法，發現 PFOA 只要在 120 分鐘內即可完全降解並礦化(mineralization)，其反應速率為單純以超音波降解 PFOA 法加速了 13 倍，而其反應過程水中陰離子的作用為 $Br^- > none \geq Cl^- > SO_4^{2-}$ 並符合 Hofmeister effect，若瀑氣於氧氣(Oxygen)下反而會抑制 PFOA 的降解速率，反應機制包含了高溫的熱降解與自由基(radical)反應。

由於研究主題為新興污染物，而新興污染物隨著化學合成工業的發展，在水環境、空氣和土壤中的濃度於全球範圍內逐年提升，如環境內分泌干擾物 (EDCs)、藥品和個人護理品 (PPCPs) 等新興污染物逐漸受到各界學者和研究人員的關注。新興污染物中，有著高熱穩定性和化學穩定性的全氟化合物 PFOA，因為其具有高能量的 C-F 鍵，如何有效地將其從環境中去除目前仍是一個棘手的問題。

而現場也有不少與會的聽眾也是研究新興污染物的學者，也引起熱烈的問題回響與討論。

3. 降低電子式水表不感度之研究－以臺北為例：蔡淑惠(口頭發表)。

摘要內容：

全球水資源日益匱乏，降低無收費水量（Non-Revenue Water, NRW）為各國自來水事業責任。根據國際水協會水平衡表，NRW 包括「無計費合法用水量」（Unbilled Authorized Consumption）及「損失水量」（Water Losses），而「損失水量」含括實際損失水量（Real Losses）及帳面損失水量（Apparent Losses），而造成帳損的因素有非法用水、資料擷取錯誤、作帳錯誤及水表不準確，其中水表不準，為北水處帳損最嚴重的項目，故為降低帳損，我們要強化水表管理。

而各自來水事業對於水表的使用口徑，乃以設計規範決定之，水表裝出後僅定期抄表，鮮少檢核用水流量是否符合水表特性。惟建築物通常依規範設計用水需求，與用戶實際用水往往有很大的落差，例如水表長期處於小流量狀態下運轉，增加水表不感度，導致短收水費，發生帳面損失水量，因而使無收費水量(NRW)上升。

由於帳面損失水量不同於實質損失水量，可透過漏水或檢測發現，往往是各國自來水事業所忽略而造成營收的損失。北水處口徑 50mm 以上的水表僅 7,936 栓(佔總表數 0.48%)，用水量卻佔轄區 31.99%，因此大用水戶為營收的主要關鍵，有必要投入更多的管理與改善措施。這些大用水戶多為電子式水表(以下簡稱電子表)，其具有訊號輸出功能，可就其流量訊號繪製流量譜，並分析用戶用水模式，進而了解水表運轉工況是否匹配，以選擇最適當的管理措施。

本研究運用水表紀錄器，針對口徑 50mm 以上的電子表進行連續密集(至少 1 週，每 1 分鐘紀錄 1 次)的用水流量監測與紀錄。建置資訊管理系統，以流量譜個案分析其用戶用水模式與水表口徑是否匹配適當，若不適當則進行改善，並以宏觀指標進行改善後的效益評估，期減少電子表不感度流量發生，進而降低帳面損失水量，以增加北水處(TWD)的水量收益；同時可即早檢測用水設備異常問題，主動告知用戶改善，對於用戶提供貼心服務，增進服務滿意度。另將相同表種及口徑的電子表，做整體計量行為的分析，以了解整體水表的行為，除了解大臺北地區的用戶用水行為模式，掌握用戶用水動態，更進一步建置北水處用戶用水模式的系統化管理機制。

4. 在水資源供應上節省成本的策略「The Cost Saving Strategies On Water Supply」：李育樟及廖芳麟(口頭發表)。

本研究提出自來水事業通常從控制漏水的辦法中的水壓管理而降低了大部份的能源使用，經統計供水加壓站之用電佔總電量之 90%以上，抽水機為最大之耗能設備，藉由使用省能高效率之設備及精進之操作管理，建立供水場站節能之最佳操作及管理模式，尤其加壓抽水機採用了創新變頻抽水機控制模式之後，除有效降低供水耗能外，又能健全水壓管理，減少管線漏水及提升供水品質，另亦全面建置加壓抽水機耗能監測程式，全程掌控設備之運轉效能狀況，建立了科學化之抽水機效率管理機制，對於降低運轉耗能及設備維護管理之精進，確有相當之成效。



圖 2-11 口頭論文發表者合影照片

參 2015 201 國際水協會亞太地區自來水相關議題之專題演講

本次大會演講分成專題演講 (Plenary Speech) 及論壇 (Workshop)、口頭講述 (Oral) 與海報展示(Poster)等方式，大會另外安排青年專業研討會(IWA Young Water Professionals China National Committee Meeting)。本會議主要目的為增進水質環境技術與管理上的交流，以水再利用及雨水集蓄、水與氣候、飲用水處理與分配、工業污水處理、污泥管理及能源回收、擴散污染控制及管理、水資源及水質監控、污水處理系統的最佳化及操作、膜技術、脫氮除磷和資源回收、整合解決實現水資源永續的城市、污水微生物處理及水環境在經濟、政策、法規、教育面上等議題為主要內容，會議期間為9月20日至9月24日。

一、專題演講

本次專題演講(Plenary Speech)是由國立清華大學黃霞(Xia Huang)博士主持。

首先由澳洲 Vienna University Technology 教授 Helmut Kroiss,以「"Quality Standards" their Role for Water Protection and Cost Efficiency in River Basins」為題，講述在水資源品質管理方面，現行標準存在極大差異。此種情形聚焦在水資源保護上，利用點源控制，強調市政廢水處理工廠和他們在水資源保護的角色及統合河道標準，如圖 3-1 所示。

標準基本上係為了履行法律要求，亦須考量到技術上可行性及可負擔性。如濃度的污染參數標準必須評估對水資源保護、再利用及經濟上的後果。

成本效益標準非常複雜，監控層面、汙染費和不遵行法規標準都非常重要。標準的目標為水生系統和間接再利用的水資源保護 (減少優養化:年度營養成份總量)、水直接再利用(濃度,衛生)、河川流域的水資源和 WW 化合物的物料管理(質量流量)。

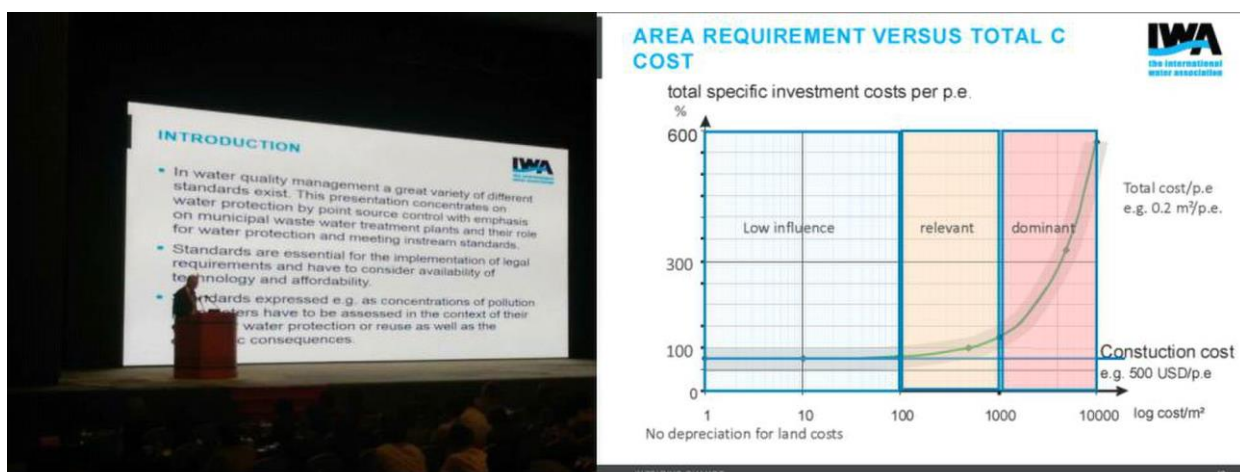


圖 3-1 Prof. Helmut Kroiss 演講

接續為中國城市科學研究會總裁仇保興(Baoxing Qiu)教授主講以「中國水務的 6 個故事」(Six Stories of Urban Water Affairs in P.R. China)為題演講，本篇介紹中國水的發展，講述致力高度有效的管理制度及工程運作的重要性及藉水環境保護法律、規範的修正來改進水環境品質。如圖 3-2 所示。

故事 1:都市化與都市供水同步成長

30 年的快速都市化讓都市供水成長 10 倍(達到 270 million m³/d)，供水服務涵蓋 4 億 1 千萬人，都會區公共供水涵蓋率達 97.2%。

故事 2:人均用水量持續下降

2012 年供水服務人口較 2001 年成長 65.4%，然而用水量僅增加 11.5%。人均用水量由 212 公升降至 172 公升。此外再生水佔都市供水總量比例逐年增加，已成為一穩定之替代水源。

故事 3:水質標準涵蓋更廣且更嚴格

水質檢測項目由 35 項增加至 106 項，且較過去更佳嚴謹。此外，高級淨水處理技術(如薄膜，臭氧等)亦被廣泛採用於提升水質。

故事 4:廢水處理率大幅提升

2012 年廢水處理容量達 1 億 2 千萬噸/日，處理率由 2001 年的 36.4% 上升至 2012 年的 87.3%。除此，每年產出的 3 千萬噸淤泥，其中有 1/4 再利用作為建築材料及肥料等之原料。

故事 5:成功啟動海綿城市計畫

因水資源分配失調，為避免輸配水管興建對環境之影響，以海綿之概念，收集雨水，搭配海水淡化等，於枯水期間可彌補水源之不足。

故事 6:建置水污染應變資料庫

鑒於水污染事件頻繁及確保用水安全，水污染應變資料庫能針對水污提供有效的應變指導原則，降低水污影響之程度。

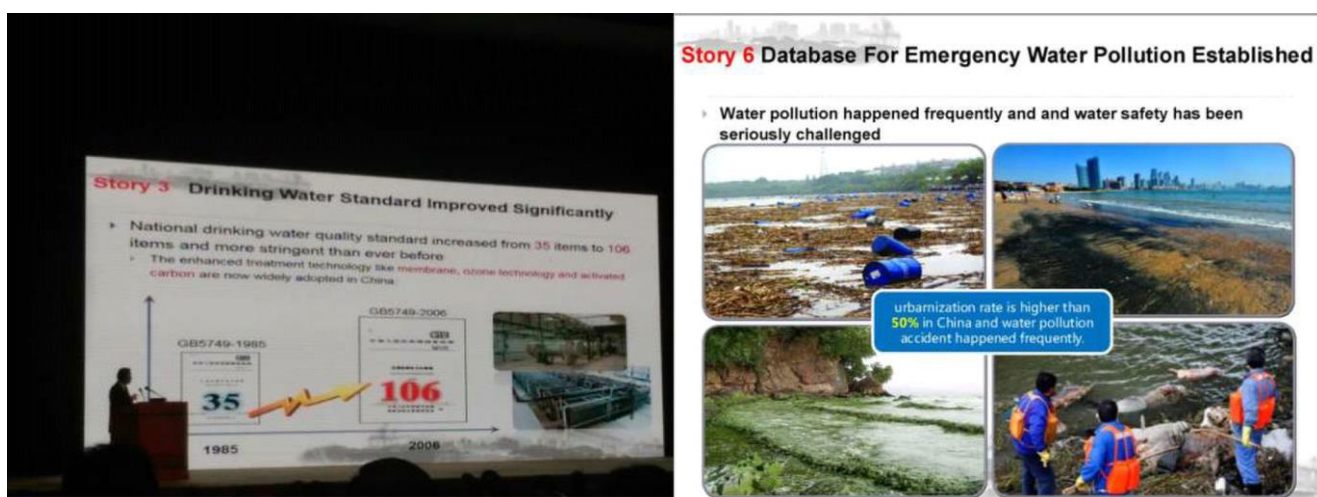


圖 3-2 仇保興(Baoxing Qiu)教授演講

第三篇為前馬來西亞水協會總裁 Syed Muhammad Shahabudin 以「馬來西亞的水源與都市發展」為題演講，本篇介紹馬來西亞過去及現在用水狀況及未來展望，如圖 3-3 所示，茲簡述如下：

過去狀況：

馬來西亞自獨立以來，隨著人口增加及 1980 年後的工業計畫，用水需求不斷增加，1960~2010 人口增加 3.5 倍，用水需求增加 21 倍，隨著馬國政府的努力，自來水設施也遍及 95% 的區域。

未來目標：

1. 2020 年時預計降低 NRW 至 25%，預計節省 29% 之總水量。
2. 主要都會區下水道污水處理率達 80%。

執行計畫：

1. 減少使用飲用水源於非飲用目的，其它用水另闢替代水源。
2. 以調整稅賦作為供水管理的工具。
3. 喚起人民公眾意識及擬定教育計畫教導民眾有效率使用水源。
4. 單一化自來水與污水水費帳單。

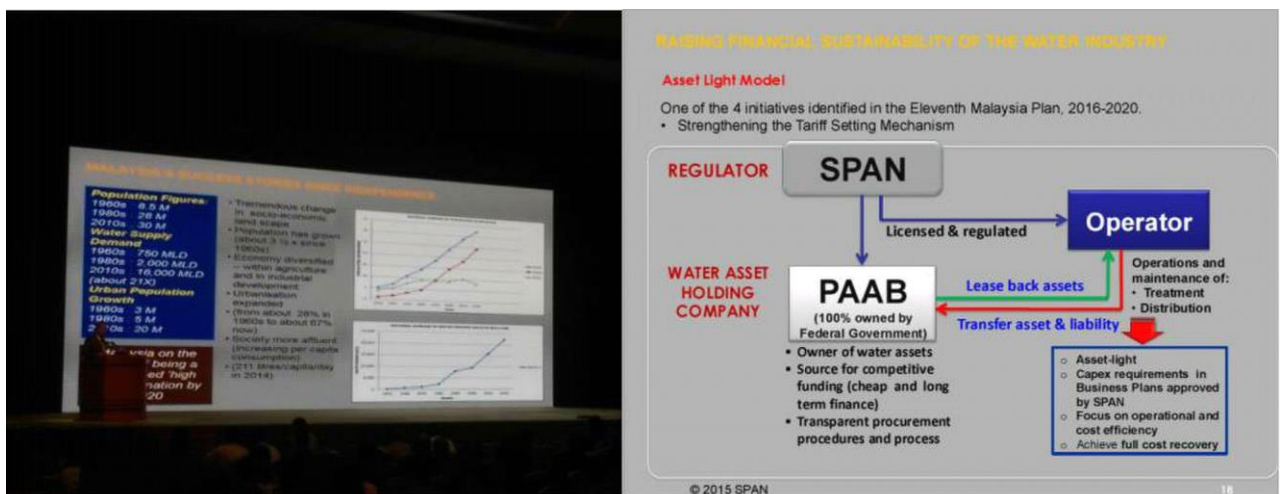


圖 3-3 馬來西亞 Syed Muhammad Shahabudin 教授演講

第四篇為瑞士 Swiss Federal Institute of Aquatic Science & Technology 副處長 Dr. Rik I.L. Eggen 教授主講「Developments, Threats To Human And Environmental Health, Research Needs And Mitigation Strategies」，如圖 3-4 所示。

主要講述了化學合成製品對現今人類與自然環境的危害，而這些污染源除了傳統的農業中的肥料與農藥外，更包含了醫學用藥（Pharmaceuticals）、礦業開採（Mining Pollutants）與現代的電子用品廢棄物（E-Waste）等，這已經不是高收入國家的污染專利，整個的危害已經遍佈全球，並且也是地球水棲環境(aquatic environment)的問題。

茲就其簡報內容介紹如下：

水質與水量：就全球來說，除 OECD 外，2050 年較 2000 年水的需求量將增加約 50%，然而水質是否夠好呢？

淡水環境的壓力：由於澇旱、築壩、地下水超抽、土地利用改變（都市化）、地貌的缺陷、引流、過分捕撈、外來種侵入、棲息地遭破壞等，造成的點源污染、非點源污染、地下水脈遭破壞（超抽、污染、海水入侵）、過量的淤積等皆對水質造成衝擊。

人類健康福祉與水質：與人類健康福祉有關的活動，包括人類生活、農業、工業、衛生及飲用水、食物及經濟（製造/休憩/漁業）等，會產生致病菌、BOD 營養物質、PPCP 及塑膠殘留物質、水體營養物質、農藥殘留、及工業化學物質等，因而對水質造成的影響包括：水溫、pH、溶解性有機物、無機鹽、微量有機污染物、病菌及藻毒等皆須經由水處理。水中這些溫升污染物、病菌及毒性污染物等，皆須經處理後方能供使用。

水質課題如下：

A：營養物造成的汙染（衛生、底泥、污水）

B：化學物質汙染（城市化、健康、工業、農業）

C：營養物質汙染（氮與磷）：

A：營養物造成的汙染（衛生、底泥、污水）

衛生設施的缺乏，郊區更勝於城市，全球 27 億人口所使用的衛生系統需要糞便污泥處置。

* 營養物的沉積/存放：來自城市放流水、農業及畜牧廢水、住宅放流水、降雨道路沖刷及化糞池溢流之氮及磷進入水體，過量的營養鹽造成優養化、藻華現象、氮素在水體中循環及底泥中沉澱、交換與釋出。

* 營養鹽造成的汙染後果：海岸死亡區—漁獲減少（全球缺氧及優養海岸線分布圖）；棲息地消失；生物多樣性降低；產生藍綠藻毒素污染飲用水源。

* 營養鹽造成的汙染：一些可做及必須做的，包括改進/設置衛生系統—糞便污泥管理及廢水處理；農業施做及管理；降低侵蝕；然而並無「一體適用」的解決之道。由瑞士 1950-2015 年間各湖泊中磷含量之變化趨勢圖可見其改進成效。

* 例如：人類排泄物/污水處理之趨勢：營養鹽移除，以保護承受之水體；營養鹽循環利用，從源頭或污水流；水再利用；能源管理，如 autark 系統；附加處理，如

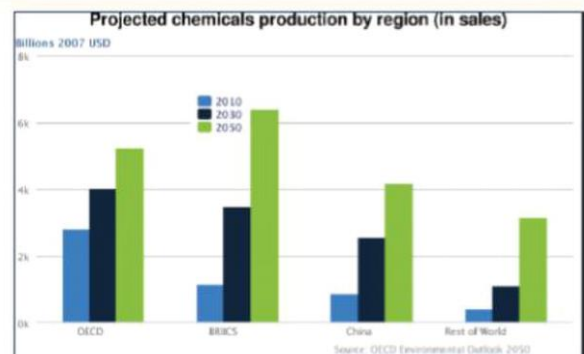
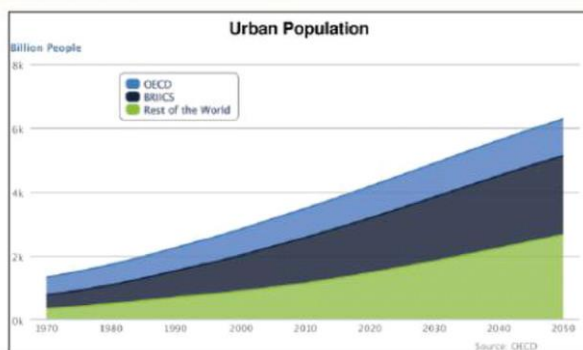
去除微量有機污染物；更強化的相關者及社會參與及允諾；發展各種技術—分散式系統及適應地方需求與可能性的集中式系統。

B：化學物質污染：重要全球化趨勢

由於人口成長、化學物質的種類及使用量增加、人口老化、普遍的更富足化、使用及消耗的化學物質增加，而導致在低中收入國家(BRICS / LAMICS)的顯著成長、化學物質的暴露量增加、人類及環境的健康風險增加，及對人類及環境的健康長期實驗。

左圖顯示世界各地區從 1980 年到 2050 年的城市人口增加趨勢。

右圖顯示世界各地區從 2010 年到 2030 及 2050 年化學物質產量的增加趨勢係以倍數遞增。



* 水生生態系統中化學污染的全球分布概況：

藥劑：左上圖顯示從地表水、地下水、龍頭水及飲用水中所偵測到的藥劑種類數

農藥：左下圖顯示世界各地農藥使用量情形

除草劑：右圖顯示世界各地區殺蟲劑流入水生生態系統之潛勢分布

聚焦於生物活性物質（微量化學污染物(MPs)，影響濃度在奈克/公升(ng/L)）；

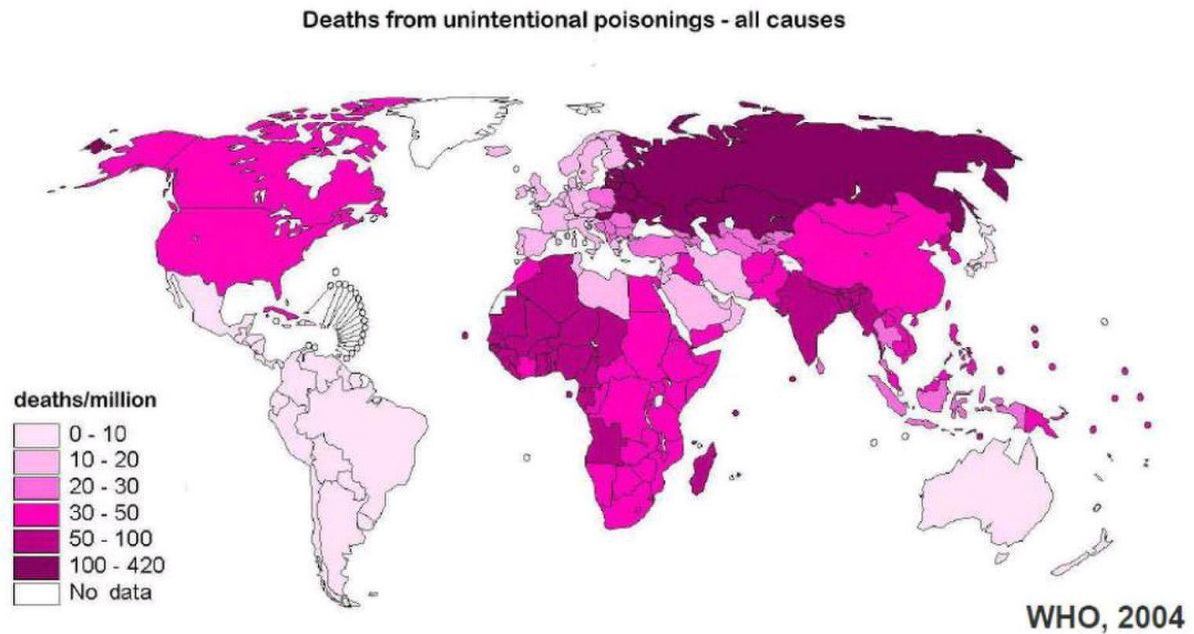
顯示對各樣水生物有影響，及對生物多樣性之關聯。

* 微量化學污染物(MPs)的汙染尚未建立於全球人類健康風險地圖

影響失能調整壽命百分比最高之風險因子，依序為：童年體重過輕、不安全之性行為、酒精飲料、不安全飲用水/公共衛生、高血壓、吸煙、不足的哺乳、高血糖、固體燃料的室內煙霧、過重/肥胖、缺體能活動、高膽固醇、職業風險、維生素 A 缺乏、缺鐵、水果蔬菜攝取不足、缺鋅、未經許可之用藥、不合宜之想像需求。化學污染物風險在低中收入國家（LAMICs）因數據不足而特別被忽視。

* 化學污染物是人類嚴重風險因子：在低中收入國家（LAMICs）之風險高於高收入

國家（HICs）。圖上顯示在 3000 個毒害場所，共約 2 千萬人遭毒性物質為害之每百萬致死人數分布。



- * 微量化學污染物(MPs)經多重管道進入水體，須經多重的緩解措施：包括經由大氣沉積、工業、農業、城市放流水、掩埋場、污水處理廠、暴雨逕流、交通及休憩活動等。
- * 城市水管理：降低進入水體環境的微量化學污染物(MPs)
 - 綠色化學：降低持續性
 - 針對個別化學物質立法管理：需要多久時間？會多有效？
 - 源頭措施：源頭分離，現場處理
 - 行為改變：少用，用不同的
 - 提昇城市污水處理設施：避免暴雨溢流；提升污水處理廠不明混合物質之去除率
 - 其他替代方案…
- * 污水處理廠對 MPs 的去除有限：污水處理廠主要是為維護飲用水源，其處理目標是病菌、可分解性有機物及致優養之營養物質—氮、磷。實際情況是大都不符水質標準；大約只有 50%的水溶性 MPs 可被去除；很多地方並無適當的下水道及污水處理設施。
- * 瑞士具附加處理的污水處理場設施：臭氧、粉末活性炭加精緻化步驟或關閉；MPs 去除率達 80%；放流水毒性降低；病菌去除率提升 1-3 個 order；除色。
- * 農業：降低 MPs 進入水體的跨國計畫—於 2015 年 1 月，共 28 國共同簽訂使用農藥肥料零成長的備忘錄(MOA releases Action Plans for zero growth in application of

pesticide and fertilizer)，採多元切入方式。

* 結論

1. 水體環境的汙染普遍存在且持續增加，對人類及環境健康造成風險。
2. 化學汙染屬全球關切議題，不僅先進國家，低中收入國家也在增加中。
3. 汙染來自各種源頭，須採多元切入及多重屏障方式。
4. 我們需要更多數據，不僅既有汙染物數據的有效畫，還要作新的監測數據收集；需要全球及跨國層次的覺醒和政策；區域性及地方性的立法並實施切合在地性的汙染緩解方案。
5. 解決汙染問題絕不是靠稀釋，我們可以也必須做得更好！

整個處理方式已是跨國界全球式的思考模式，才有可能讓人類面對新興汙染物的未來能有所作為，演講內容十分有趣，讓與會人士又對水環境的汙染防制有更深層的思考。

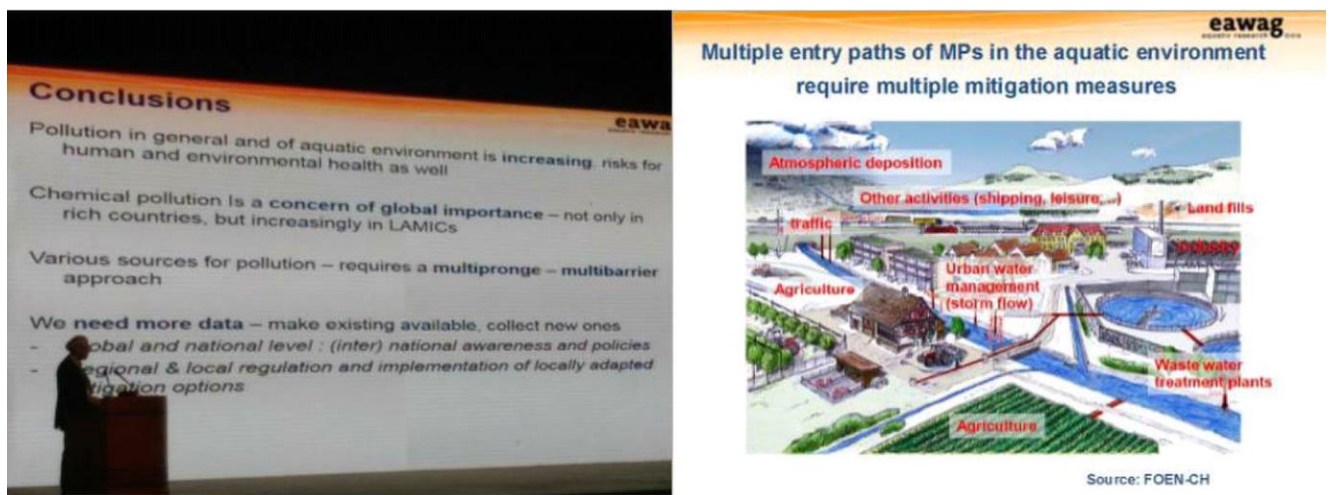


圖 3-4 蘇伊士集團副處長 Dr. Rik I.L. Eggen 教授演講

第五篇為本屆北京主辦單位之中國工程院院士曲久輝教授主講「Technology Vision of Future Water Treatment Plants」，如圖 3-5 所示。

面臨生態文明建設的戰略需求與環境變化的新挑戰，未來生態環境科技發展將重點關注以下 4 個重大方面：

1. 氣候變化的生態響應與環境減排氣候變化對生態係統造成的持續性影響備受關注，可能導致的大量動物遷徙、稀有物種滅絕、生物群落破壞、生物多樣性減少等生態後果，正深刻改變著生態環境科技的研究內涵與創新視野，從大尺度、長周期和非線性層麵觀察和探索水、土、氣、生等生態要素對氣候變化的響應規律與調控途徑，成為本領域的前沿性課題。生態工業、生態農業和綠色人居等新領域蓬勃發展，循環經濟、低碳社會成為人類活動與產業

創新的主導方向，必將帶動生態環境科技進入一個全新時代。

2. 生態系統與環境變化的交互作用及協同調控環境變化對生態系統的影響被提升到前所未有的高度，從生態學的角度認識和解決環境問題成為必然選擇可以預期，未來的環境污染控制和治理將越來越多地依靠自然與生態學手段，生物操縱、人工濕地等必將在應用實踐中取得新的原理和技術突破。
3. 環境污染對人類健康的影響機製與風險控制環境污染對人類健康的影響極為複雜，仍為當今世界的重大難題。不斷完善環境基準和標準體系，全面創新大氣複合污染控制、飲用水安全保障、土壤生態修復的理論和方法，實施符合區域環境變化特征的健康風險防控策略，是當前和今後的長期任務。
4. 環境治理的綠色化、資源化和係統化當前，風險控制成為環境污染防治的核心理念，其中加強化學品管理和風險控制是關鍵，在生產過程中將採用綠色替代、減量增效、循環和重複利用等方式，提高原子經濟性和原子利用效率。環境治理與生態修復更加強調實施方案的整體設計，區域聯動和城鄉治理一體化，水、土、氣、生等多介質污染協同控制，環境治理效率及生態效益將顯著提升。

而未來淨水場必經的道路包括了低耗能需求，使用自然能源像太陽能等獨立而清潔的能源，原水中的物質(material)應盡量予以回收再利用，如利用電化學回收金屬離子或太陽能光催化等反應，最大化的減少水中有毒或具有經濟性的物質回收，並且回收污染物可能生成的能源如 methane 等，進而達到零排放(Zero discharge)的可能性。並且適度的再利用水資源，而配合適度的風險評估與生態系的維護，確認對環境的衝擊是必須的，再者，在規劃的同時一個符合需求的淨水設施才是適當的水處理系統。



Philosophy of water treatment process

- **Lao Tzu:** The highest goodness is like that of water. Water benefits thousands of creatures; yet itself does not scramble for anything.
- **Energy conservation law:** we can recover the energy in WTP
- **Mass conservation law:** we can recover the material in WTP
- **Han Shu:** Too pure water has no fish.



圖 3-5 中國工程院院士曲久輝教授演講

二、口頭講述 (Oral Presentation)

口述講演(oral presentation)部分，依水再利用及雨水集蓄、水與氣候、飲用水處理與分配、工業污水處理、污泥管理及能源回收、擴散污染控制及管理、水資源及水質監控、小規模分散式處理系統、污水處理系統的最佳化及操作、膜技術、脫氮除磷和資源回收、整合解決實現水資源永續的城市、污水微生物處理、在經濟政策法規及教育面上的水環境等議題，分別於 9 個演講廳，及三天進行簡報論文發表。

其中最特別的，就是 9 月 23 日台大環工所特聘教授駱尚廉老師主持的「Water and Energy Nexus & Alternative Water Resources & Energy Efficient Utilities」專題研討，如圖 3-6 所示。駱老師演講題目為「A brief Introduction to the Monitoring, Removal and Recovery of Emerging Contaminants: Perfluorinated Chemicals」。內容主要講述新興污染物全氟辛酸 (Perfluorooctanic acid, PFOA) 及全氟辛烷磺酸(Perfluorooctane sulfonate, PFOS)。

PFOA 其化學式為 $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_6\text{COOH}$ ，是全氟化物中最受重視的衍生物之一，因為由八個碳的長鏈烷基所組成，又稱為 C8，是穩定的人工合成化學物質。主要為製造多氟聚合物及鐵氟龍產品之原料，可以防油、防水、防污，廣泛應用於地毯和衣物的表面保護處理、紙張護膜及食物的紙板包裝上。此外亦可用於化妝品、潤滑劑、油漆、洗髮精肥皂殺蟲劑等產品。

美國環保署發現在美國人民中之血液及環境中皆有低濃度的全氟辛酸，存於人體中的時間相當長。並在動物試驗的研究中發現此物質對於動物之生長有很大的影響，不僅促使老鼠肝臟引發腫瘤，導致肝臟癌、胰臟癌及乳房癌，而且致癌程度可能會遠比原預估的嚴重。此外，全氟辛酸具持久性(persistence)，在自然環境可生存超過 41 年之久，具有毒性(toxicity)與生物累積性(bioaccumulation)。

本次研討內容十分的平易近人，與會的發問者也不少，引起化學工業對環境危害的意識，以及尊重自然環境的責任。

圖 3-6 台灣大學駱尚廉教授、李育輯與何承準合影照片

三、海報展示(Poster Presentation)

海報展示(Poster Presentation)，依水再利用及雨水集蓄、水與氣候、飲用水處理與分配、工業污水處理、污泥管理及能源回收、擴散污染控制及管理、水資源及水質監控、小規模分散式處理系統、污水處理系統的最佳化及操作、膜技術、脫氮除磷和資源回收、整合解決實現水資源永續的城市、污水微生物處理、在經濟政策法規及教育面上的水環境等議題，自 9 月 20 日~9 月 24 日展示，計 256 篇。

其中北水處陳韋嘉的論文「提升自來水管線設施資產效益之策略評估研究」，如圖 3-7 所示，內容講述：隨著城市的開發與發展，相應建置之自來水相關設施日益龐大複雜，為確保穩定供水，自來水管線等設施需持續進行維修與汰換，然而無目標的汰換與被動的維修將造成管線設施資產的效益降低及維護成本的浪費，因此管線設施如何在最適時間執行最適汰換、維修與預防保養，成為提升自來水管線設施資產效益最重要的課題。

本研究著眼於設備生命週期與汰換、維修之間的關係，以北水處自來水管線設施現況進行各種效益分析與評估，並引用馬可夫鏈的特性繪製關係圖，提供自來水管線設施汰換與維修取決依據，達到提昇設施資產效益之目的。

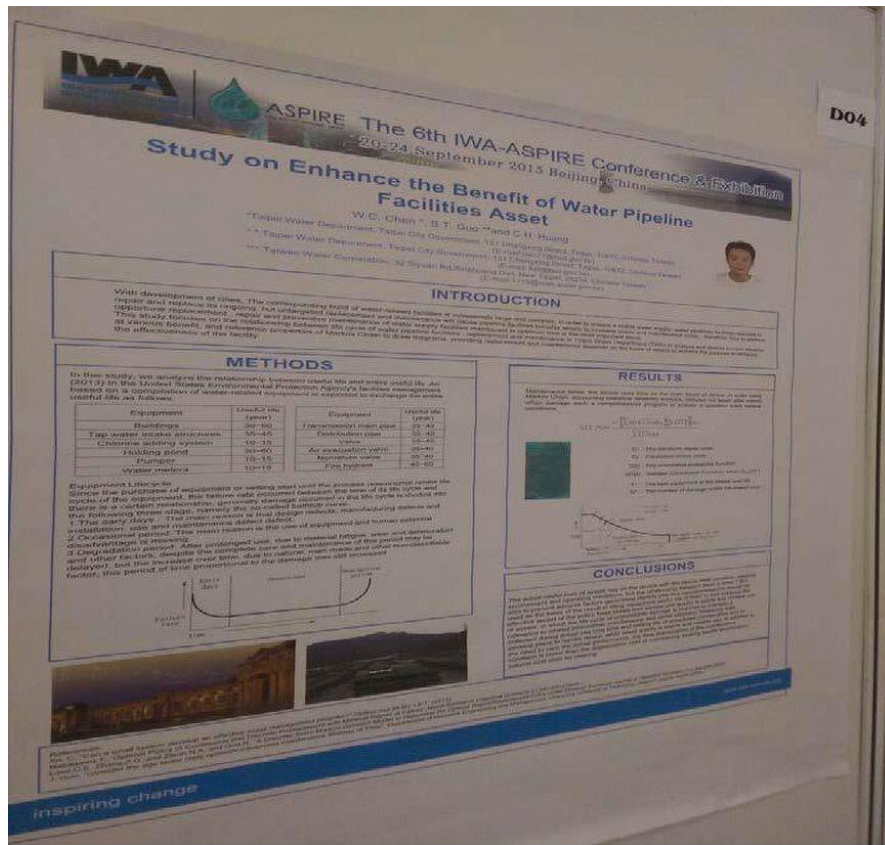


圖 3-7 陳韋嘉的論文海報

北水處黃欽陵的論文「Analysis Of Network And Pump Characteristic Curves By SCADA Data」主要介紹北水處主要泵送方式、泵站耗能、節能措施等概況；其次介紹特性曲線之定義與取得方式，詳述特性曲線的物理意義，並提出管網耗能的計算方式；接著以北水處內湖分區為例，於四個不同時期之供水情境下，分析兩大泵站並聯直接加壓供水的管網特性曲線、耗能、漏水、泵站操作、管網行為圖 3-9 所示；最後，提出數項建議供自來水公司參考。而此篇論文最後獲得 IWA-ASPIRE Beijing 大會頒獲最佳海報論文獎，為此行 IWA 會議中唯一得獎者，十分可貴，如圖 3-8 所示。

圖 3-8 北水處黃欽陵榮獲 IWA-ASPIRE 最佳海報論文獎

Analysis of Network and Pump Characteristic Curves by SCADA Data

Huang Chin-Ling*, Chung Tien-Ping**

*Senior Engineer **Assistant Engineer
Water Supply Division, Taipei Water Department, 131 Chang Xing street, Taipei, Taiwan E-mail: chille@water.gov.taipei Mobile Phone: +886-905-370-218



How to obtain the Characteristic Curves?

The pumping controls in Taipei are concluded into 3 types, as detailed in Fig. 1. The first one is the conventional "Constant Speed Pumping" where the driving motor of pump is not equipped with VFD. The path of operation points is the Pump Characteristic Curve. The 2nd type is "Constant Pressure Pumping". By using VFD and output pressure feedback control, the path of operation points is a horizontal line which is neither System Head Curve nor Pump Characteristic Curve. The 3rd one is "Stable Pressure Pumping". This is the main stream control method in Taipei. By VFD and remote pressure feedback control so that the remote pressure maintained stable. Under such control, the path of operation points plots the System Head Curve.

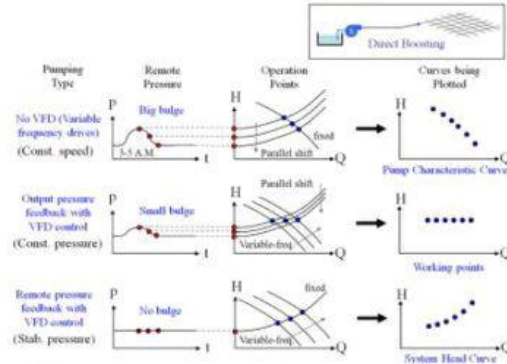


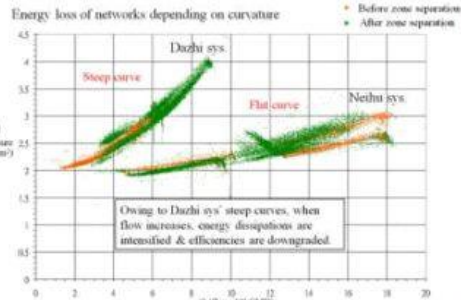
Fig.1. Obtaining the Characteristic Curves from Direct Boosting Supply

Example 1 :

In this Example, the pumping type is "Stable Pressure Pumping" by VFD control. The area has 2 pump systems jointly supply water under two Scenarios - BEFORE and AFTER zone separation. Using the data from SCADA, in Q-H chart, the System Head Curve was plotted as Fig. 2.

Curvatures of System Head Curves reveal the efficiencies of pipeline networks. For Dazhi system, its curves are steeper than Neihu system, that means higher pumping resistance & energy loss.

After zone separation, the two pump systems supplied its own area alone due to the border of closing valves. Because the output flow was increased in Dazhi system, the operation points were forced to move to the higher end of the Curve, creating higher energy loss as well. Owing to poor zone separation of larger area for Dazhi system, therefore, the energy consumption increased by 11.5% after separation being done.



Example 2 :

In this Example, the pumping type is "Constant Pressure Pumping" by VFD control. The pump station only use a single pump at a time for water supply, So the operation points in SCADA can reflect the pump's behavior. Although the path of operation points is neither the Pump Characteristic Curve nor the System Head Curve, it still can be analyze by a simple technique and extract its physical identities.

By classifying the pump speed & pump efficiency in the operation points, the contour charts can be plotted as Fig. 3. Then, putting them together and extending the contour charts will get a Speed-Efficiency Locus which demonstrate the pump's character & performance.

In this case, the Speed-Efficiency Locus shows the pump's Duty Point is quite away from the operation points. It means the pump is not working at a high efficient condition due to the pump size or type not matching the actual demands of the pipeline network.

Fig.2. Plotting System Head Curves in two scenarios under "Stable Pressure Pumping"

Conclusions

Electricity expenditure is always huge in water utilities because of pumping water. Therefore increasing efficiency & reducing the energy loss of pumping are the key issue. With the data mining technique through SCADA mentioned above, the utilities may conduct a series of system "Check Up" of pipeline networks. As shown in Fig. 4. By identifying the higher resistance system, then reducing its supply flow, balancing by other lower resistance system, energy loss of pumping will be reduce effectively. On the other hand, the Speed-Efficiency Locus is the useful tool for check up of pump itself. Knowing the in-situ behavior of the pumps, it is easy for matching the operation points with best efficiency band while pump replacement, as Fig. 5, providing a guide for the pump re-sizing & re-selecting.

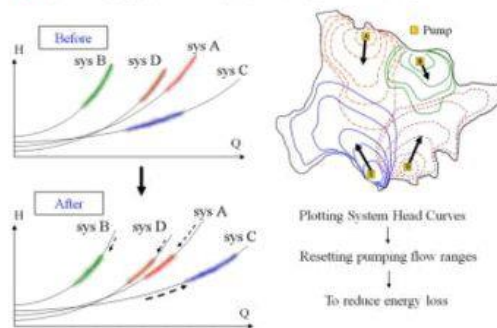


Fig.4. System "Check Up" & Flow re-setting

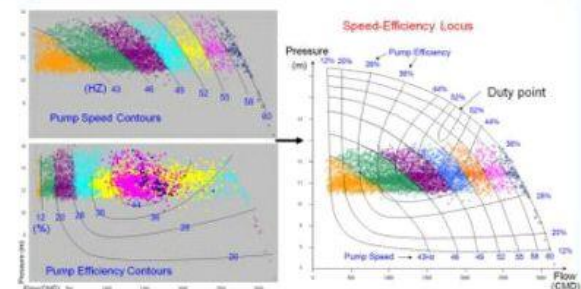


Fig.3. Plotting pump's Speed-Efficiency Locus under "Constant Pressure Pumping"

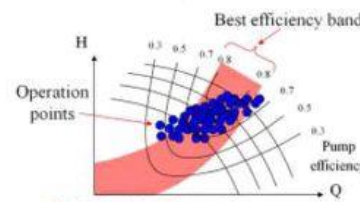


Fig.5. Best Match for pumping

圖 3-9 管網體檢與泵特性匹配之主要概念流程

肆、漏損控制（Water Loss）論壇介紹

本屆研討會安排 7 個場次的論壇，分述如下：

Workshop1 Better Water Better Life：Water Conservation and Water Safety-Technologies to

Share among Asia- Pacific Countries

Workshop2 Water Loss

Workshop3 Sustainable Water Environment

Workshop4 High-level Forum of Practice and Prospect for Industrial Wastewater Zero Discharge

Workshop5 TWAS

Workshop6 The 6th International RWHM Workshop

Workshop7 Sustainable Anaerobic Bioprocessing

臺北自來水事業處陳曼莉副處長受邀漏損控制（Water Loss）論壇，赴會演講「Water Loss Control in Taipei」，將臺北過去 10 年的經驗與成效分享給其他城市。於會中，臺北自來水事業處隨行代表成員與北京、上海、香港、澳門城市出席代表、產官學各方專家就自身經驗交換意見，並熱烈討論各項漏控技術與成效，詳圖 4-1 所示。



圖 4-1 北水處副處長陳曼莉女士受邀演講並與各國代表熱烈討論照片

一、漏損控制（Water Loss）論壇之目的

當今自來水事業體系面臨眾多的營運與維護的難題，而管網滲漏，一直以來都是維護自來水管網系統的重大挑戰，也是全球許多水公司最為困擾的課題之一。因為造成管網滲漏的成因眾多，彼此互相影響，各因素的比重也不盡同，這些因素包含了造成實質漏水的管網老化、材質不良、維修不當，以及導致帳面損失的水表誤差、竊水、出帳錯誤等。水公司除了提供用戶質優、量足的自來水為首要目標之外，供水系統中的水量損失也必須加以控制，否則在水源日益匱乏的當下，大量的管網滲漏恐導致水量供應不足的問題，水公司更可能因為帳面損失導致短收鉅額的水費，而承受營運上的經濟損失。甚至因管道滲漏破損，引致污染物入侵管網事件發生，危及民眾飲用水的安全。

隨著全球氣候變遷，水資源短缺的問題愈發嚴重，更因都市化、人口與經濟成長趨勢，大都市中自來水供應的困難度不斷飆升，水量調度的缺口也可能因此產生，所以水公司由過往開發新水源的思維逐漸轉向控制管網漏水，由開源轉向節流。這類轉型已在全球水公司陸續觀察到，但每個自來水的體質與管網系統是不同的，甚難採取相同的漏水控制措施，但大原則是相仿的，也就是 IWA 所倡議的多管齊下手法

（Multi-Pronged Approaches），包含管網資產管理與汰換、水壓管理、主動漏水控制、提升修漏效率品質等四大主軸。

本次 IWA-ASPIRE 會議期間，特別邀請北京、上海、臺北、香港、澳門等五個推動漏水控制已具有一定成效的城市，以 Workshop 的形式，分享彼此的經驗，進行技術交流，除了將各水公司最新採行的管理方式、科技、創新進行介紹，並將過去投入的漏控措施進行成效分析，希望與會者能有所借鑑，以提升未來漏水控制的效率。茲將上述 5 個都市的防水控制說明如下。

二、北京

（一）漏損現況與重要數據

北京市自來水集團負責大北京地區的供水，包含全部的北京市與部分郊區縣，主要水源約 70% 為地表水、30% 為地下水。最大日供水量為 415 萬噸，其中北京市區就佔了 370 萬噸。輸配水管網總長度為 11,000 公里，其中鋪設於北京市區內的管網長度即佔了 8,900 公里。詳圖 4-2 所示。

大北京地區的無收益水量 NRW（北京稱為「漏損率」，其他城市則稱為「產銷差」），於 1999 年以前約 8% 上下，但 2000 年以後實施「查表入戶、一戶一表」取代過去以總表計費的方式，因用戶分表的誤差，使得 NRW 暴增至 16%~18% 上下，為了降低系統 NRW，集團開始採取漏損控制措施，NRW 自 2010 年的最高峰 18.48% 逐年下降至 2014 年的 16.95%。詳圖 4-3 所示。

近 20 年來，北京推動一戶一表政策，用戶水表由 1995 年的 20 萬，增加至 2014 年的 330 萬只，近幾年更是以每年 20 萬只的速度增加，雖然臺北平均每年亦換表 20 萬只，但屬於更新維護，水表新增數量有限。北京管網長度更由 1995 年的 4300 公里暴增至 2014 年的 9000 公里，平均每年增加 240 公里以上。北京雖稱為「管網改造」，但本質上屬於管線新設，與臺北的管線汰換（平均每年更新 160 公里以上），本質上屬於舊換新，兩者稍有差異。

圖 4-2 北京市自來水集團供水轄區與管網分布 [資料 1]

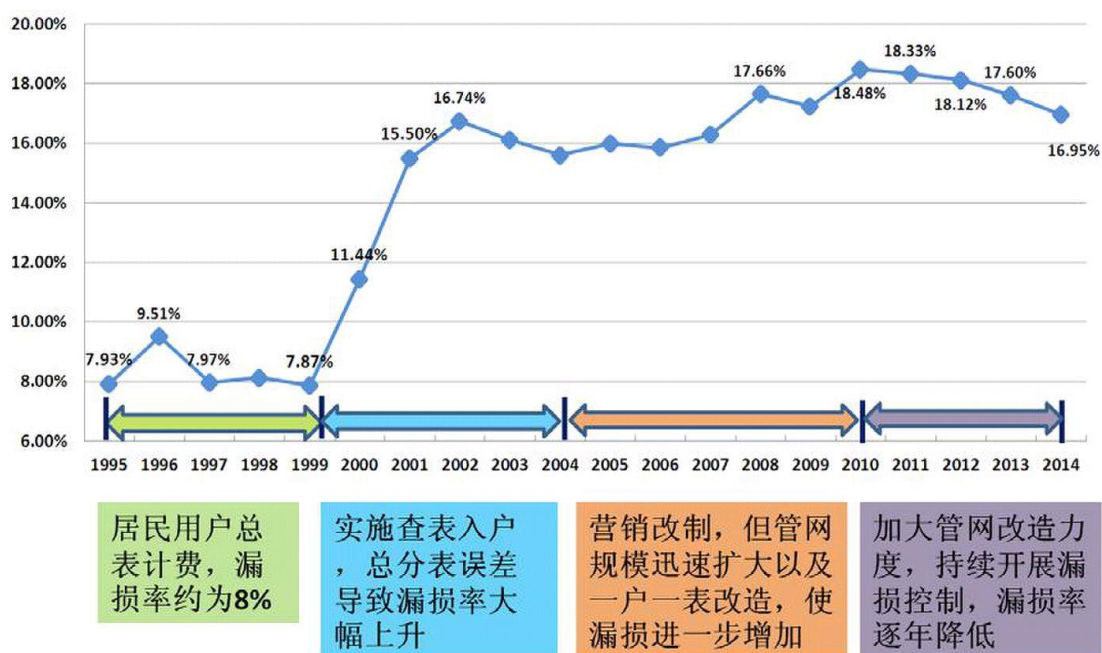


圖 4-3 北京市自來水集團近 20 年 NRW 的變化趨勢 [資料 1]

相較於中國大陸各「省會城市」平均 NRW 約 22%，北京的漏損較低。若以歐洲各國 NRW 做比較，由 Global Water Intelligence、DANVA 等資料庫擷取所得數據，東歐國家約 40%、奧地利、德國、丹麥、荷蘭約 10% 以下，其他歐洲國家約 17% 至 32%，北京 17% 的漏損率也絲毫不遜色。

(二) 近年漏損控制工作及成效

北京市自來水集團採取的漏損控制工作詳圖 4-4，分為基礎工作與主要措施兩大類，雖然分類很細，但主要措施基本上也依循 IWA 的多管齊下手法，部分的項目與臺北的漏水管理四大主軸類似，例如「加大管網改造力度」、「持續開展暗漏檢測」、「實施管網精細管理」，此外也包含了帳面損失控制，如「強化計量管理」與「營銷質量控制」。

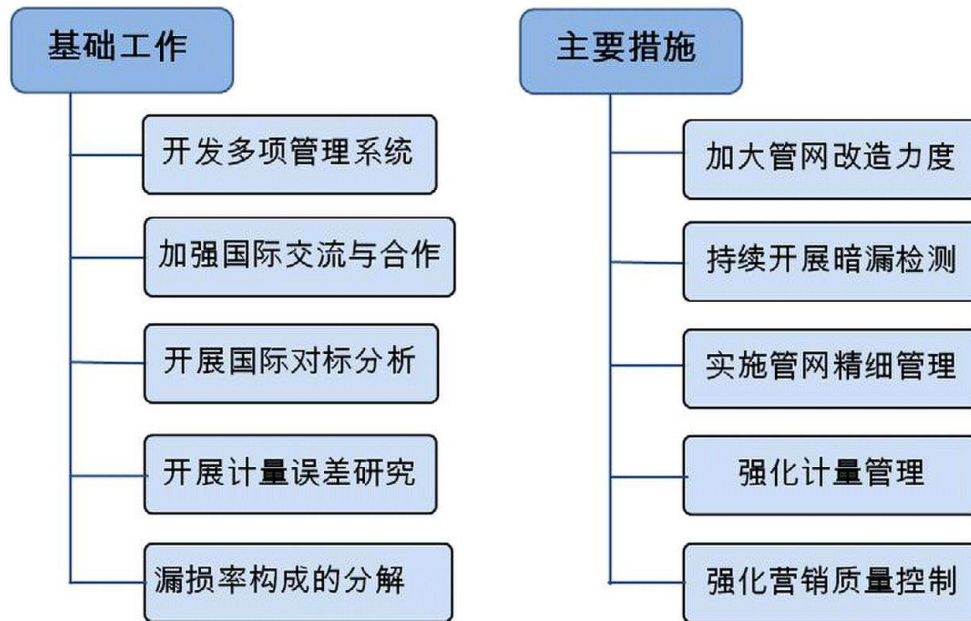


圖 4-4 北京的漏損控制主要工作 [資料 1]

茲就北京的主要漏損控制工作項目重點說明如下：

1. 開展國際對標分析

北京為與國際接軌，對於他國的漏損控制採用的管材、計量器具進行比較分析，以作為日後改善提升的參考。供水管材部分，北京的給水管使用鍍鋅鐵管、鋼塑複合管，與發達國家採用不鏽鋼管、銅管有很大的不同。北京的輸配水管則有 38% 仍採用普通鑄鐵管、鍍鋅鐵管、預力混凝土管，62% 則採用較佳的球狀石墨鑄鐵管、鋼管、鋼塑複合管，與臺北超過 80% 採用球狀石墨鑄鐵管的情況稍有差距，但近六年來北京採用新式管材的比例已經逐漸提升。

水表計量部分，北京採用普通機械表為主，計量等級為 B 級，採用人工抄表方式取得用水量，與其他發達國家已逐漸使用高精度的 C 級電子表，並以自動讀表方式取得用水量稍有差距，但與臺灣現況差距不大。北京的水量計費的方式，過去採用總表計費，大樓或社區內部再自行均分費用，並無安裝各戶分表，這樣的方式與歐美發達國家類似。但近十年來大量安裝分表後，一戶一表，計費方式已經轉變由按照各戶分表單獨收費，反而與臺灣、日本的計費現況漸趨一致。

2. 開展計量誤差研究

北京為了瞭解推動「一戶一表、抄表到戶」之後產生高額水表誤差的發生原因，開始進行大量的研究與實驗工作，分析計量器具精度、水量損失及總分表差的關聯性，並針對大口徑水表的計量誤差展開研究與實驗。最後得出兩項重要的結論：

- (1) 由於抄表方式的改變，總表與分表的相對誤差平均為 8%，亦即以分表計費將短收 8%的水費。
- (2) 由於 B 級表的本身精度限制，大口徑水表平均計量誤差約為 5%。相較於臺北的水表誤差研究，本處採用三種方式包含「器差疊合流量譜」、「抄表數據挖掘」、「小區管汰後 NRW 分析」所得到的水表誤差介於 5.3%~8.5%，與北京的結果十分吻合，這也代表雙方都採用同等級的 B 級表，其計量誤差的合理區間。

3. 漏損率構成的分解

北京採用與 IWA 推薦的產銷分析表（北京稱為水平衡表），並結合大陸國內實際情況稍作調整，詳圖 4-5，並將漏損水量分為真實漏失、計量誤差、與其他損失。其中第一項即為 IWA 所稱之 Physical Losses，後兩項則合併稱為 Apparent Losses。詳圖 4-6，北京的漏損成分展開後的細項與臺北稍有不同，而且分項比臺北更多。至於是否每個項目都能夠正確估計數值，則須待進一步研究，例如真實漏失就分為四項，臺北則因難以估算每一項的實際水量，故不再細分。

自有水源供水 Q_{so}	供水總量 Q_s	合法用水總量 Q_{sl}	計費用水量 Q_{sb}	向管網外部輸出的水量
				計費計量用水量
合法免費用水量 Q_{sa}		計費未計量用水量		
		免費計量用水量		
漏損水量 Q_{wl}		真實漏失 Q_{RL}	明漏水量	
			暗漏水量	
	背景漏失			
	水箱、水池的滲漏和溢流			
從外部輸入管網的水量 Q_{si}	計量誤差 Q_m	居民用戶總分表差		
		非居民用戶表具誤差		
其他損失 Q_o	其他損失 Q_o	非法用水量		
		管理因素導致的水量損失		

圖 4-5 北京的水平衡表 [資料 1]

圖 4-6 北京的漏損水量的構成與分解 [資料 1]

圖 4-7 北京的水平衡分析結果，2006~2014 年間的平均比例 [資料 1]

累積多年的數據與各項分析研究，北京將近 9 年來送入管網水量核算其構成比率之平均值，最終得出收益水量（RW, Revenue Water，北京稱為「有效供水量」）平均值為 82.61%，無收益水量（NRW, Non-Revenue Water，北京稱為「漏損水量」）為 17.39%。其中管網的「真實漏失」就是臺北所稱的「漏水率」，北京僅 6.47%，遠比臺北的 16.71% 更低。「計量損失」可對照臺北的「表差」，北京為 7.51%，與臺北的 7.82% 相去不遠。最令人驚訝的是，源自於水表不準確的「計量損失」居然高於管網的「真實漏失」，這在許多國家都是很罕見的。許多先進國家投入相當的經費控制管網漏水之餘，相對的，也會撥出一定的費用選購高精度水表，因此水表誤差總是低於管網漏水率。

4. 管網改造、暗漏檢測、管網精細管理

北京自來水集團與世界各國都引用 IWA 的 Multi-Pronged 手法，以多管齊下的措施降低管網系統漏水，包含了「管網改造」、「暗漏檢測」、「管網精細管理」。其中的「管網改造」比較類似國外所稱之「管網資產管理」或者臺北的「管網改善」。雖然北京為歷史古都，過去已經鋪設許多供水管線，迄今管齡偏高，但由於北京近年許多老舊胡同區域陸續拆建為新式集合式住宅，管線仍繼續新設，此外，北京自 2011 年以來針對體質較差的管網進行改良，新設了 1000 公里的管線，並對部分幹管進行內襯噴塗改善，因此整體平均管齡維持在 18~19 年之間，以一個歷史古都而言，這樣的管網相對年輕，處於管線穩定的運行期間，得以有效降低管網漏損。



圖 4-8 北京管網改造的現場施工照片 [資料 1]

管網改造工程主要採用更換球墨鑄鐵管，並使用非開挖技術內襯 PE 管和薄壁不銹鋼等方式，對配水管網主、次幹線（DN200 以上）進行消除結構性隱患改造。採用內塗膜防銹方式對配水管網支戶線（DN200 及以下）實施功能性改造（防止二次污染）或結構性改造。

為了提高管網抗水質風險能力，應對南水北調水源啟用後的水質變化，2014 年以前的主要改造優先挑選原則包括：易引發供水管網二次污染問題的管線、主要地區道路區域內的管線、存在安全隱患（爆管）的管線、使用年限在 50 年以上的老舊管線、預應力混凝土管。

南水北調水源正式啟用後，即 2014 年以後，北京自來水集團逐步將管網改造重點由側重實施功能性改造（防止管網二次污染），朝向消除結構性隱患管線轉移，特別是 DN200 及以下管線，重點解決爆管事故和控制漏失水準。

北京的「暗漏檢測」就是臺北與其他國家「主動漏水控制」+「修漏速率與品質」的合稱。北京採用的檢測方式與世界他國相仿，包含了人工巡迴聽音、佈設漏水噪音收集器，此外更參考 DMA 漏水率高低，作為暗漏檢測優先順序的安排，逐步由過去人工聽音轉變為數據分析的漏水檢測，詳圖 4-9 所示。

圖 4-9 北京暗漏檢測的主要施行方式 [資料 1]

在某些特定區域，例如 2015 閱兵重點地區，自來水集團特別於天安門周邊重要道路，密集佈設漏水噪音監測紀錄儀 3,732 處，預先發現並修復 132 處漏水。北京平均每年檢測出地下暗漏約 1,500 件，近年管網報修漏水案件因此下降了 15%。以 2014 年管線破損情況為例，按照漏種、管線功能、材質、破損原因進行分類具體如下：

- (1) 按漏種分類：自然破損（明漏）占比 34%，主動檢測出管網破損（暗漏）占比 66%；
- (2) 按管線功能分類：配水幹線（DN800-DN220）占比 0.1%，配水次幹線（DN200-DN600）占比 6.7%，配水支線（DN75-DN150）占比 16.1%，配水戶線（DN15-DN50）占比 77.1%；
- (3) 按材質分類：鍍鋅管占比 77%，普通鑄鐵管占比 18%，鋼塑複合管、預應力混凝土管、鋼管等總和占比 5%；
- (4) 按破損原因分類：腐蝕占比 78%，基礎不均勻沉降占比 22%。

北京的用戶給水管（配水戶線）漏損比率與臺北一樣高，臺北甚至高達 95%，為漏水檢修的最大宗。但由材質、破損原因分類，則稍有差別，臺北為塑膠管龜裂漏水，北京則以鍍鋅管腐蝕漏水為主。

北京的「管網精細管理」，實際採取的措施就是臺北的「水壓管理」與「小區計量（DMA）」之統稱。北京自來水集團的壓力管理係採用，「整體降壓、分區調度、區域控壓、小區控壓」的四個精細化管理措施，詳圖 4-10 所示。



圖 4-10 北京的水壓管理，由宏觀至微觀之精細化管理措施 [資料 1]

其中整體減壓為最宏觀的措施，直接由泵站端降低出壓，或者由減壓閥調整水壓降低量，白天尖峰期間降低水壓 1.5 米，夜間離峰則降低 2 米。並按照地面高程、淨水場出水量規劃將市區管網分割為 5 個調度區、4 個壓力控制區，並逐層往下細分，最小的壓力控制單位為小區，詳圖 4-11 所示。其區域控壓方式係挑選尺寸適當的大區、系統較為獨立的封閉區塊，於進水點安裝減壓閥，調整入口水壓。對最末端居民小區、獨立計量區，則控制其供應水壓介於 21~25 米之間，方法也是透過減壓閥調控。相較於臺北，這樣的管網水壓相當高，2014 年臺北管網的平均水壓僅約 16 米，這是因為臺北於管網改善完成前，必須減緩管網既有破孔的漏水，故採用壓力均化與低壓政策。由於臺北家家戶戶幾乎都有水池、水塔，可以於低壓的環境下進行供水，但北京許多舊式胡同住宅因缺少水池水塔，為直接供水，為避免尖峰期間負壓污染（北京所稱之二次污染），故管網壓力較高。

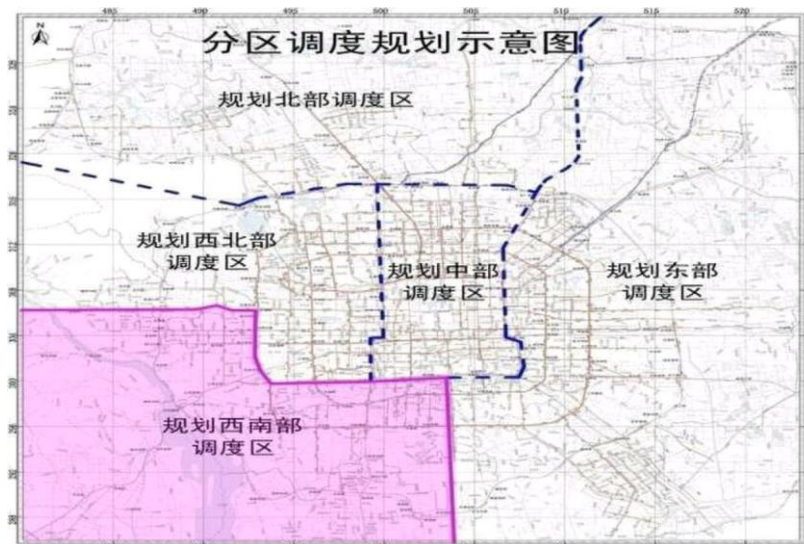


圖 4-11 北京將市區規劃為 5 個分區調度區域 [資料 1]

北京近五年來為了積極劃設 DMA，並進行小區數據分析、管理系統的建置，特別與中國科學研究院生態環境中心合作，研究並制定了北京市區配水管網 DMA 的規劃方案，預計整個規劃完成後將有 718 個小區，目前已劃設 132 區，預計 2017 年全數建設完成，詳圖 4-12 所示。。北京的 DMA 採用長時封閉方式，因此可透過小區即時訊息判斷管線漏水。

圖 4-12 北京 DMA 劃設管理系統與評價指標 [資料 1]

北京對於 DMA 的體質評判，制訂了四項指標，包含夜間最小流量（Minimum Night-time Flow）與日平均流量之比、管網漏失指數（ILI, Infrastructure Leakage Index）、單位管長夜間淨流量（Net Night-time Flow）、單位服務連接（Service Connection）夜間淨流量。其中前兩項可反映管網漏損的程度，如果數值愈高，代表 DMA 漏水愈嚴重；而後兩項則反映管網系統的工作負荷，數據愈高，代表管線工作流量過大、管線口徑太小。相較北京，臺北則使用「售水率」作為小區是否漏水嚴重、是否需要汰換的判斷依據，而北京並不使用售水率，主要係因北京許多用戶表並未安裝，一戶一表政策尚未執行完成，以致取得 DMA 所有用戶用水量的抄表數據誤差較高，無法據以計算售水率。夜間最小流也是臺北使用較多的指標，因不需抄讀所有用戶表，僅需小區流量計的數據就可分析漏水狀況，所以北京與臺北兩地甚至全世界的運用都很廣泛。至於 ILI，經臺北的數據套用計算，發現不太能夠反映管網的體質與漏水，畢竟 ILI 是由 20 多國 27 個自來水公司的管網數據所推演出來的，只符合這些國家的體質，即便連 ILI 的原始倡議者 Roland Liemberger 在菲律賓 Maynilad 水公司也不使用 ILI 作為漏水指標了，因為不符合在地管網特性，他們改用 NRW%。

DMA 的設置，需要搭配許多的水表、流量計。由其是分層分級劃設小區，由大區至小區都需要層層計量。北京規劃了四級計量的架構，詳圖 4-13 所示，

以亦庄大區為例，位於北京市東南，第五外環道之外，有兩個屬於一級計量的區域大型流量計，大區內又劃設了 59 個 DMA，所以安裝了 59 只小區流量計，尚未劃區的地方，也有重要的大表 1062 只，以上 1121 只水表屬於二級計量。其中 4 個 DMA 內重要的樓門表（總表）與大型直接表合計 359 只，屬於三級計量表，而這些樓門表後方的內戶表（分表）合計 6325 只，則屬於最下層的四級計量表。上述各級流量計、水表等都換裝為遠傳水表，以自動讀表（AMR）方式擷取即時數據。透過數據的比對分析，摸清計量傳遞過程各級之間的水量損失，並展開夜間水量與用水模式的分析，以探索評估管網漏損各構成要素的成份。這點與臺北近年來開始試辦的 AMR 有異曲同工之妙，利用智慧水表進行用水模式（Consumption Pattern）的分析研究、探知管網與用戶內線滲漏情況，儼然是國際間的顯學之一。

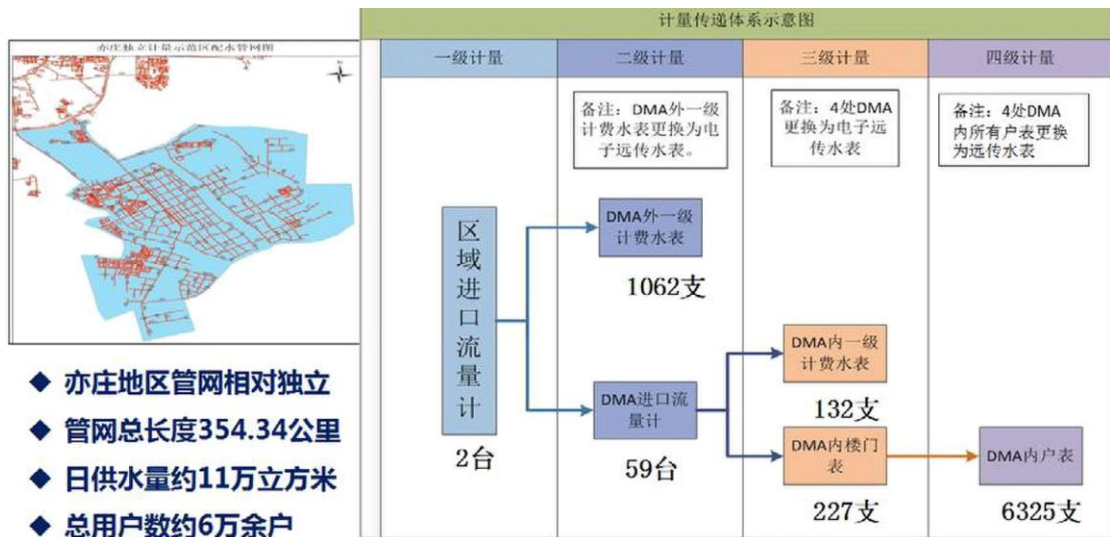


圖 4-13 北京亦庄示範 DMA 四級分層計量架構 [資料 1]

5. 計量管理、營銷管理、漏損管理、技術研發等目標與執行

唯有正確的計量，才能做好管網漏水控制，因此北京針對各級大小流量計開始投入計量的強化管理，包含下列幾項工作：

- (1) 定期校準，各水廠配水泵機組及主要幹管流量計定期進行校準。
- (2) 周期換表，根據相關要求，每年安排一定的資金對到期的水表進行更換，年均更換水表約 25 萬只。
- (3) 故障換表，每年對故障水表進行追蹤管理，並對更換的及時率和準確率進行考核。
- (4) 計量升級，根據用水量和用水模式的不同，選擇適合用戶用水特點且計量精度較高的計量表具，累計更換大口徑高精度遠傳表 3977 只。

目前北京市區水表數量共約 368 萬只，其中樓門表 12 萬只，居民分戶表 348 萬只，非居民用戶約 8 萬只。DN15mm 至 DN25mm 口徑的水表使用年限

為 6 年，DN40mm 及以上口徑的水表使用年限為 4 年。主要的水表類型包括普通機械表（B）、居民用戶遠傳表、大用戶高精度表、流量計（電子水表），詳圖 4-14 所示。相較於北京，臺北 2014 年底水表總數量 162 萬只、總表 12 萬只、直接表 20 萬只、分表 130 萬只，使用年限為 8 年，主要水表類型，40mm 以下口徑全部為機械表（B 級），50mm 以上口徑則大多為電子表（C 級）。若以人口數/水表數作為比較，北京=2400 萬人/348 萬只=6.9，臺北=385 萬人/162 萬只=2.4。顯然臺北的水表安裝密度較高，幾乎所有用戶皆已全數安裝水表。



圖 4-14 北京電子水表、電磁流量計及遙讀（遠傳）設備 [資料 1]

良好的產銷帳務管理（營銷值量控制）才能減少帳面損失。北京目前推動中的項目如下：

- A. 建置營銷管理服務系統，規範營銷業務流程，實現應收、實收帳務的全流程管理。
- B. 開發營銷業務移動網絡工作平台（手持抄表系統），引入用戶確認、拍照等前端質量控制節點。
- C. 建立完善的班組互查、分公司抽查、稽查抽查的三級質量控制體系。
- D. 規範對環衛、綠化水車的管理，加大對私接、偷竊水的稽查力度。

北京 1999 年以前僅針對樓門表查抄收費，後端的水量分配則由社區居民自行分攤或由物業公司代收，為了因應查表入戶後急遽擴張的抄表戶數，近十多年來陸續建置了較新的抄表與收帳業務作業流程，以避免帳面損失擴大。相較於臺北，由於臺灣一戶一表的制度早以建立，因此抄表收費的流程與制度已經運行許久。

北京的漏損管理逐漸上軌道後，訂定漏損控制目標如下：

- A. 近期目標：建立起動態分解、分析、控制的漏損管理體系，形成漏損控制的精細化管理模式。力爭至“十二五”末（2015 年），通過管網改造及各項管理措施的實施，使管網漏損率控制在 16% 左右。
- B. 遠期目標：在完成搭建漏損控制運行管理體系的基礎上，圍繞漏損控制的動態管理，建立完善的漏損控制綜合性技術體系與管理考核

體系。至“十三五”末（2020年），漏損率達到14%。

北京的漏控技術由自來水集團漏損控制三年行動計畫中，可一窺內涵，三年計畫的目標如下：

- A. 構建1個系統：管網實時監控管理系統，詳圖4-15所示。
- B. 建設2個體系：計量管理體系、漏損績效考核體系。
- C. 充實3支隊伍：計量管理隊伍、漏失管理隊伍、營銷服務隊伍。
- D. 應用4項技術：水平衡分析技術、壓力控制技術、DMA管理技術、水力模擬技術。
- E. 持續加快管網改造。

圖4-15 北京管網即時監控管理系統（SCADA）[資料1]

北京為了妥善管網壓力、流量、水質的動態收集與管理，建立可監、可控、可分析、可管理的管網實時監控管理系統，實現關鍵運行參數的在線監測控制和管網漏損的動態分析與管理，詳圖4-16所示。並完善水量計量表具（含通訊設備）的配備和管理，並逐步形成從源頭到龍頭的全過程計量傳遞體系。建立漏損控制管理制度和工作流程，形成架構完整、權責明確、流程清晰、獎罰合理的漏損績效考核體系。繼續完善、細化管網水力模型建設，基於管網在線流量、壓力和水質數據，構建市區配水管網在線水力模擬系統，以智能供水調度為重點拓展水力模型的應用。

圖4-16 北京管網水利模擬與分析[資料1]

相較於北京明確的目標與規劃，而且對各細項預定進程皆有所描述，臺北僅設定一項主要目標：2025 年，漏水率控制至 10% 以下。臺北並未明確規範其他執行細節與步驟，而是將漏控 20 年計畫分割為 4 個階段，每個階段視狀況訂定執行方案，推動上較具彈性。但也因此許多技術的研發沒有主軸，往往視高層想法隨機調整，較缺乏組織性，也沒有如北京與中科院這類的長期合作的科研工作。臺北多半由員工自行發想，每年的提案數量雖多，但缺少系統性的深入研究。

三、臺北

(一) 漏損控制計畫緣起

臺北自來水事業處負責臺北市、三重、中永和、新店及部分汐止地區的直接供水，轄區面積 434 平方公里，用水人口約 390 萬人，用水戶數約 165 萬戶，供水普及率達 99.6%，每日配水量達 220 萬噸，其中直接供應至轄區內的水量約 190 萬噸，支援台灣自來水公司約 29 萬噸。

2014 年底的水量產銷分析表詳圖 4-17 所示，無收益水量 NRW 為 26.6%，若將整體配水量扣除未計費合法水量、帳面損失與其他水量，則管線漏率為 16.71%，雖然低於 2010 年亞洲綠色城市評比（Asian Green City Index）中的 22 個亞洲主要城市平均漏水率 22.2%，但相較於其他先進國家，臺北的管網滲漏狀況，仍然十分嚴重。

臺北高漏水率的原因，主要是過去為了滿足臺北急遽增加的人口需水，把所有資源投入系統擴充，增加淨水場出水量、不停鋪設新管線，對於管網系統的老化與滲漏，則無暇兼顧。日治末期臺北人口僅約 47 萬人，隨著人口增加至現在的 390 萬人（北水處轄區內人口數），管網鋪設涵蓋面積也增長了十倍。這段稱之為「追趕需求」的系統擴張期，主要自來水建設偏重於淨水場及輸配水系統的增建，包含改良公館淨水場、新建蟾蜍山淨水場（長興淨水場）、新建青潭堰、直潭淨水場、直潭壩。埋設第一、第二清水幹線、增設各大加壓站等設施，並於新店溪上游興建翡翠水庫。到了 2000 年代後，整體取供系統的擴張才逐漸趨緩。



圖 4-17 臺北自來水事業處供水系統的產銷分析表 [資料 2]

長期著重擴張與新建之下，欠缺對於管網滲漏的通盤維護與管理，導致臺北地下管線複雜、老化問題嚴重。尤其是接至用戶的給水管線，最為龐雜難理，廢管、不明管、盲腸管四散，滲漏問題嚴重。臺北的水源以新店溪水系為主，佔了 97% 以上，陽明山僅佔 3%，可稱為「單一水源」，無法再額外開發水源的情況下，缺水風險極高，再加上水利署的區域水資源調度政策「板新供水計畫」，詳圖 4-18 所示。北水處必須於 2017 年支援台水公司十二區處的板新地區每日最高 100 萬噸，水資源更為捉襟見肘。當風調雨順，降雨正常的年份，供水不會發生問題，然而近年來全球暖化氣候異常，降雨分配不均勻，枯旱發生機率大增，終於導致 2002 年的臺北大停水。該年 1~6 月翡翠水庫集水區雨量僅前 10 年平均值的一半，水庫水位一路下探，逼近嚴重下限。臺北被迫進行為期兩個月的分區輪流供水。「擁有翡翠水庫、臺北不會缺水」的美夢宣告幻滅。



圖 4-18 北臺灣區域水資源調度 [資料 2]

2002 年的大停水讓臺北開始正視管網漏水問題，以當年 28.4% 的漏水率，NRW 更高達 42%，再多的水也不夠這樣的漏失浪費，因此 2003 年臺北開始試辦「管網改善中程計畫」，針對管網的滲漏進行控制並改善供水系統，由於試辦成效良好，臺北更於 2005 年底提出為期 20 年的「供水管網改善長程計畫」，共分 4 個階段，預估經費 207 億元，希望至 2025 年，能夠將管網漏水率控制到 10% 以下詳圖 4-19 所示。



圖 4-19 北臺的管網改善中、長程計畫與目標漏水率 [資料 2]

(二) 計畫執行措施

圖 4-20 臺北的漏水管理四大主軸 [資料 2]

如同世界各國的漏水控制方式，臺北的也採用 IWA 建議之策略，以 Multi-Pronged Approaches 的方式多管齊下，臺北稱為「漏水管理四大主軸」，詳圖 4-20 所示，包含管線汰換、水壓管理、漏水檢測、修漏品質等重要措施，並且以小區計量作為管汰與檢漏的評核工具。其中又以管線汰換最為重要，為漏水改善的治本方法。以下就四大主軸與小區計量擇要說明：

1. 管線汰換與小區計量

臺北的管網全長 6300 公里，在市中心的管線密度很高，在整個臺灣西部走廊各大都市中，臺北的管線為最雜亂、密集。由於每年臺北汰換管線的極限大約每年 160 公里，如果汰換漫無目的，必須 40 年才可能換一輪，因此臺北先進行管線弱點分析，詳圖 4-21 所示，找出漏水潛能較高的區域，優先投入改善措施，才可能在計畫的 20 年期限內完成工作。經分析，漏水潛能集中在臺北舊市區等地。

圖 4-21 臺北管網之漏水潛能分析 [資料 2]

管線的漏水不但具有區域集中性，更有材質的差別性，經收集多年的修漏紀錄，以漏水管種、漏水樣態分類，可明顯發現，臺北的漏水以給水管居多，佔了 95% 的件數，而且又以塑膠類材質（包含 PVC、PB）的管種最容易漏水，佔了 81%，其相應的漏水樣態為龜裂。詳圖 4-22 所示，若考量管線長度，則塑膠類的 PB（聚丁烯管, Poly Butene）總長度僅佔 3%，但漏水案件卻佔 28%，漏水頻率相對最高，因此為臺北最糟的管材，必須優先更換。

圖 4-22 臺北管線漏水之管種樣態分析 [資料 2]

臺北管網全長 6300 公里之中，約六成為配水管，四成為給水管，經過十年管線汰換，至 2014 年底，臺北的配水管已經有 80.4% 更換為主流材質 DIP（球狀石磨鑄鐵管），而給水管僅有 40.5% 更換為主流的 SSP（不鏽鋼管），由於給水管的施工與汰換作業十分繁瑣，必須挨家挨戶逐管施作，因此給水管的更新工作仍有很長的路要走。

臺北的管線施工費用中，開挖、回填、路面修復與銑鋪柏油就佔了一半，因此一旦施作，就採用最好的管線，以期一勞永逸，免除爾後漏水復發挖補頻繁而浪費金錢的情形。臺北汰換配水管全面採用 DIP，材質具有延展性，抗震度較佳；給水管則使用較為昂貴的 SSP，材質為 316 不鏽鋼，近 5 年更引進東京的波狀管，不但減少接頭使用量、降低漏水機率，更因具有撓曲性，地震來襲更可吸收震波不至於損壞。詳圖 4-23 所示。

圖 4-23 臺北管線汰換所使用的優質管材 [資料 2]

臺北的小區（DMA）與他國的運用方式稍有不同。歐美各國係以 DMA 長期封閉觀察漏水是否復發，以便提早進場檢修漏水，並利用小區進口減壓閥進行壓力控制，又稱為壓力控制區（PMA），所劃設的區塊通常也比較大。但臺北因管材體質較差，四處滲漏嚴重，許多漏水點年年挖修，無法根治，因此漏水控制當務之急就是汰換老舊管線以求治本，故使用小區進行漏水計量詳圖 4-24 所示，挑選其中售水率較低的小區，優先進場汰換管線，並於廠商施工完成後，再次計量，如果售水率仍然無法有效提升，則需改善至完妥方可離場。因此臺北的小區功能異於他國，平常周邊制水閥開啟，如需計量才進場封閉，而且區塊面積較小，管線長度短，以便於施工與查核。主要的小區管汰施作流程詳圖 4-25 所示。臺北的小區經十年的劃設，已接近完成，未來不超過 900 區，每區用戶數約 1000~2000 戶，總表與直接表約 300~400 只，但也有些區塊因周邊街廓與管網特性，必須劃設的更小或稍大。



圖 4-24 臺北運用小區進行漏水計量汰換管線 [資料 2]

圖 4-25 臺北運用小區挑選漏水嚴重者並評核廠商施作品質 [資料 2]

臺北運用小區進行管汰，十年來均採用「弱區先行」的策略，所挑選的小區平均售水率約 50% 上下，經汰換後全部都提升到 90% 以上，如圖 4-26 所示，每個管汰作業都能確實將錢花在刀口上，提升效益。

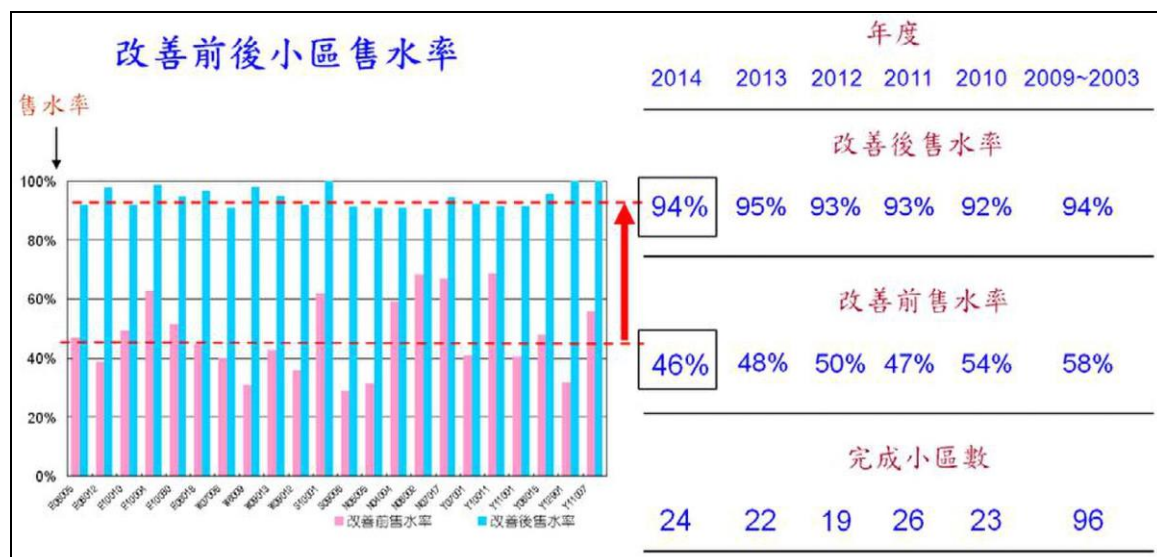


圖 4-26 臺北歷年小區改善前後售水率平均值 [資料 2]

2. 水壓管理

臺北漏水控制四大主軸中，重要性僅次於管線汰換的策略為水壓管理。事實上，國際間有些自來水公司，水壓管理的效果甚至大於管線汰換，而且省錢便宜。將水壓降低，不但管網漏水立即減少，而且更能減少泵送加壓的電費，一舉兩得。

臺北管網對於水壓的升降十分敏感，稍微升壓，漏水即大幅攀升。例如 2000~2001 年為了推動安全用水，管網曾經全面升壓約 0.3kg/cm²，卻導致這

兩年的漏水大量增加。將這些數據帶入 FAVAD 方程式，即可迴歸計算出指數為 1.85，詳圖 4-27 所示，數值遠大於其他先進國家，例如日本僅 1.15、英格蘭為 1.20。指數愈高代表管網體質愈不良，滲漏隨壓力提升而大量增加。指數偏高也反映臺北管網的破洞屬於「張裂型」縫隙，而且為雙向型張裂，裂縫隨壓力張開，漏的也愈多，與臺北給水管修漏紀錄中高達 81% 為塑膠管漏水，兩者不謀而合，因為塑膠管的破壞類型即為龜裂。前一小節曾論及臺北給水管至 2014 年僅有 40.5% 更換為主流 SSP，代表仍有六成管線仍為脆弱的塑膠管，所以在管線汰換未完成之前，適當的水壓控制是必須的。因此目前臺北採用的水壓管理政策為「水壓均化、最適水壓」。

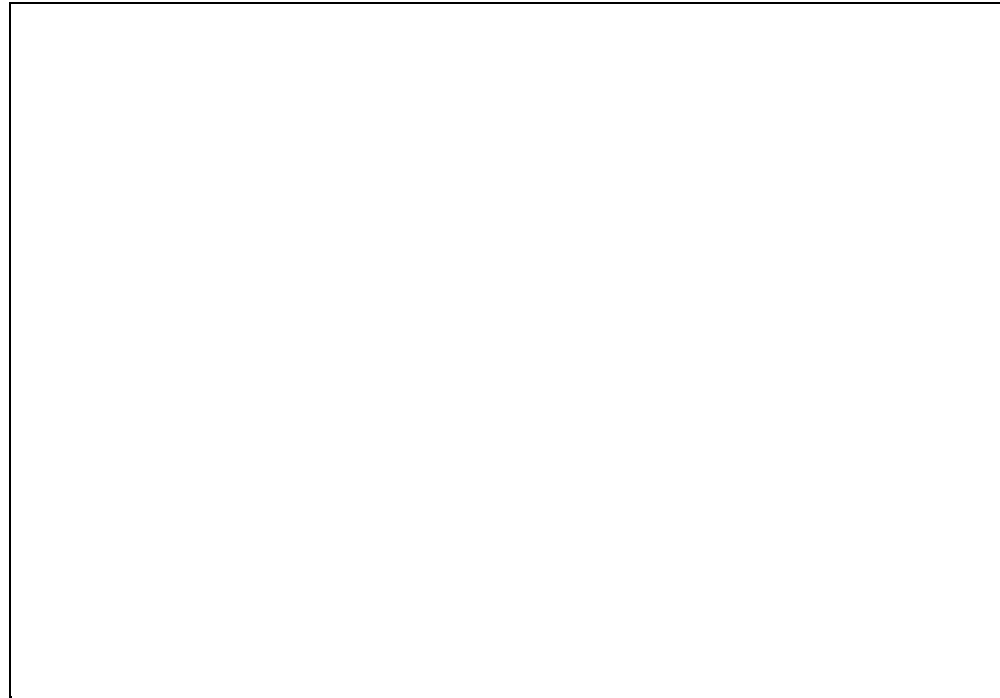


圖 4-27 臺北管網漏水對水壓的敏感度極高 [資料 2]

由於管網系統內的水壓於時間中與空間中皆不均勻，詳圖 4-28 所示。在時間軸中，凌晨 1 至 7 時由於大多數用戶就寢不用水，故管網水壓自然升高，形成壓力駝峰，此時管線裂縫隨之張開，漏水因而增加，而且這些不必要的超額水壓也浪費加壓站的電費。在空間軸中，則水壓與加壓站的距離呈現反比，靠近加壓站的區域，水壓高，漏水嚴重，但遠離加壓站的區域，則往往水壓不足，使得用戶不滿意。因此為了解決時空上的水壓不均勻，臺北採用水壓均化的操控模式，詳圖 4-29 所示。於泵站直接加壓的管網系統中，採用變頻器，並以管網末端水壓回授至泵站，作為調整泵轉速的參考值，可打平凌晨水壓駝峰減少漏水與加壓能量耗損。至於以重力供水的管網系統中，則採用閥門控制，於凌晨用水離峰期，縮小閥門開度，減少供水量，亦可輕易弭平壓力駝峰，大幅減少管網漏水。

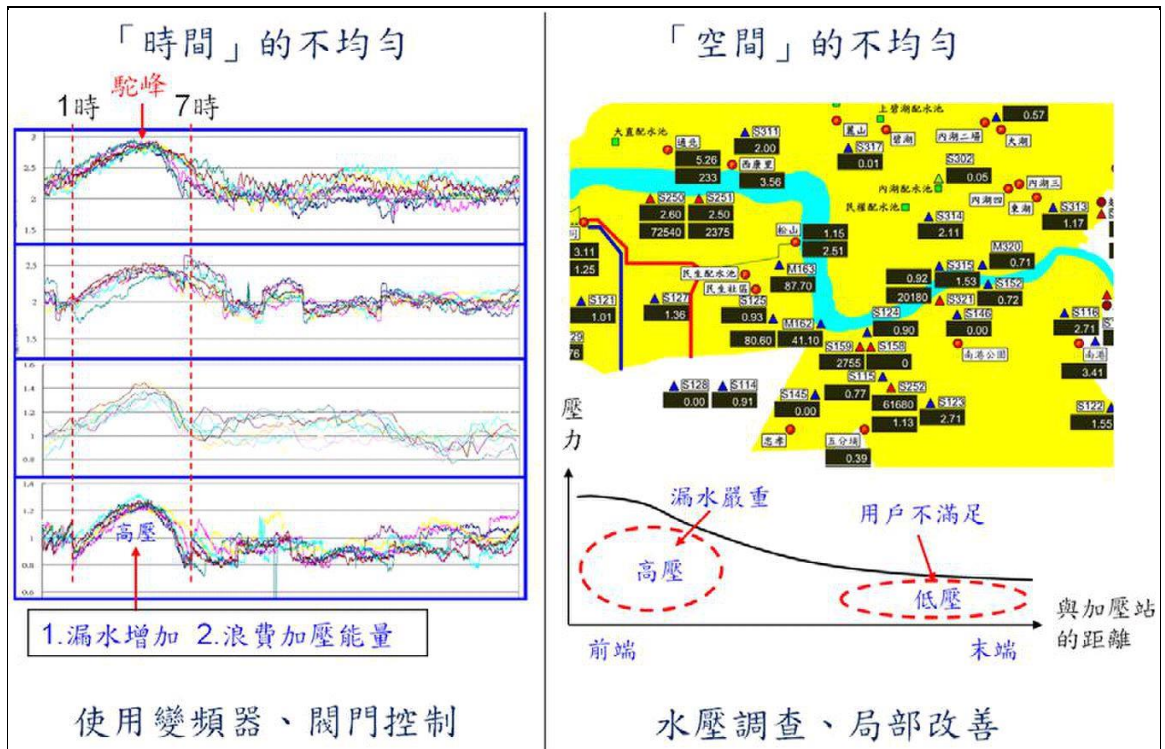


圖 4-28 管網系統內的水壓在時間與空間中都不均勻 [資料 2]

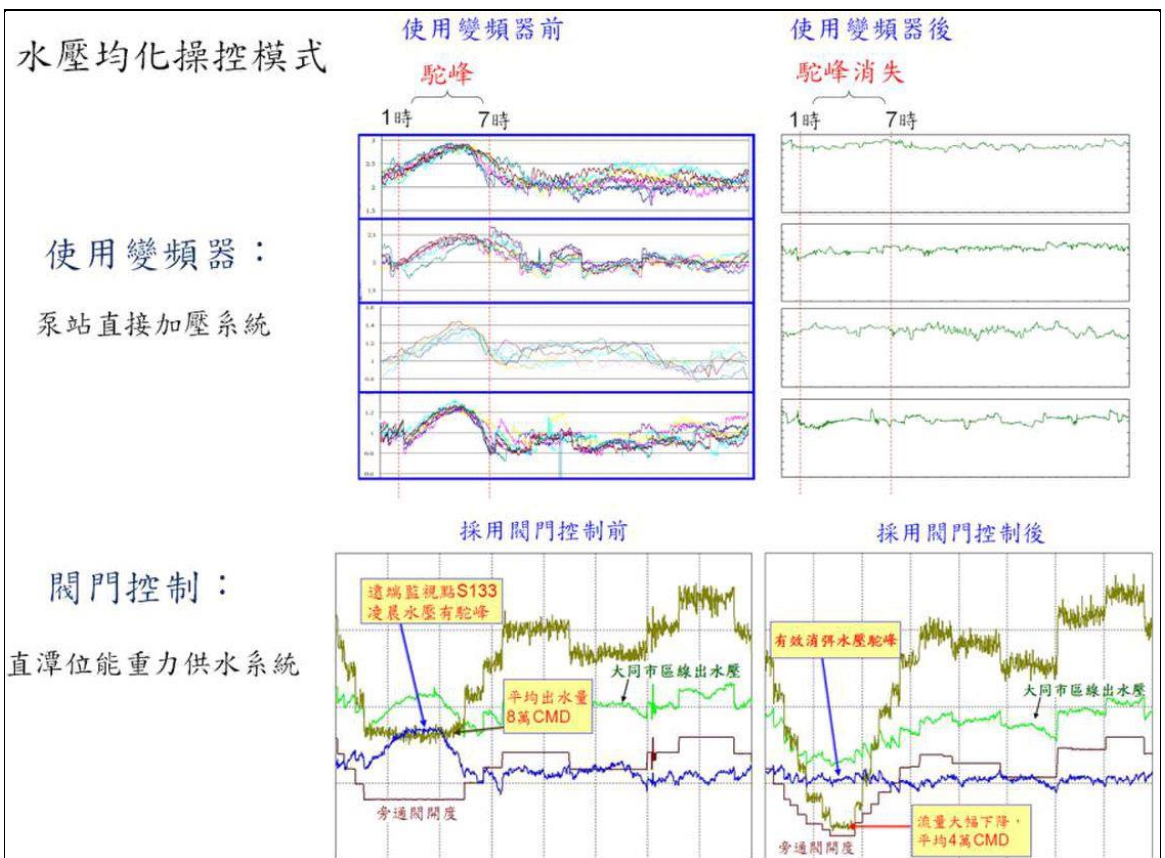


圖 4-29 時間中水壓均化操控模式 [資料 2]

對於空間中的水壓均化，困難度遠較弭平時間中的壓力駝峰更為困難，由於設置於管網內部的水壓監視點密度不足，最大的門檻在於難以了解空間中的水壓分布細節，因此臺北於 2011 年開始進行水壓調查，於管網中的消防

栓上密集佈設水壓計，詳圖 4-30 所示，採用連續紀錄方式取得 7 日壓力變化，並取出紀錄器之尖峰用水期間、離峰期間、平均壓力繪製水壓等高線。區域水壓分布細節便能一目了然。圖中壓力較高的區域多半位於小型獨立泵站周邊，因設定泵之出口壓力過高，導致泵站附近管網承受超額水壓，漏水也比較明顯，此時僅需以變頻器調降泵轉速即可解決此等問題。

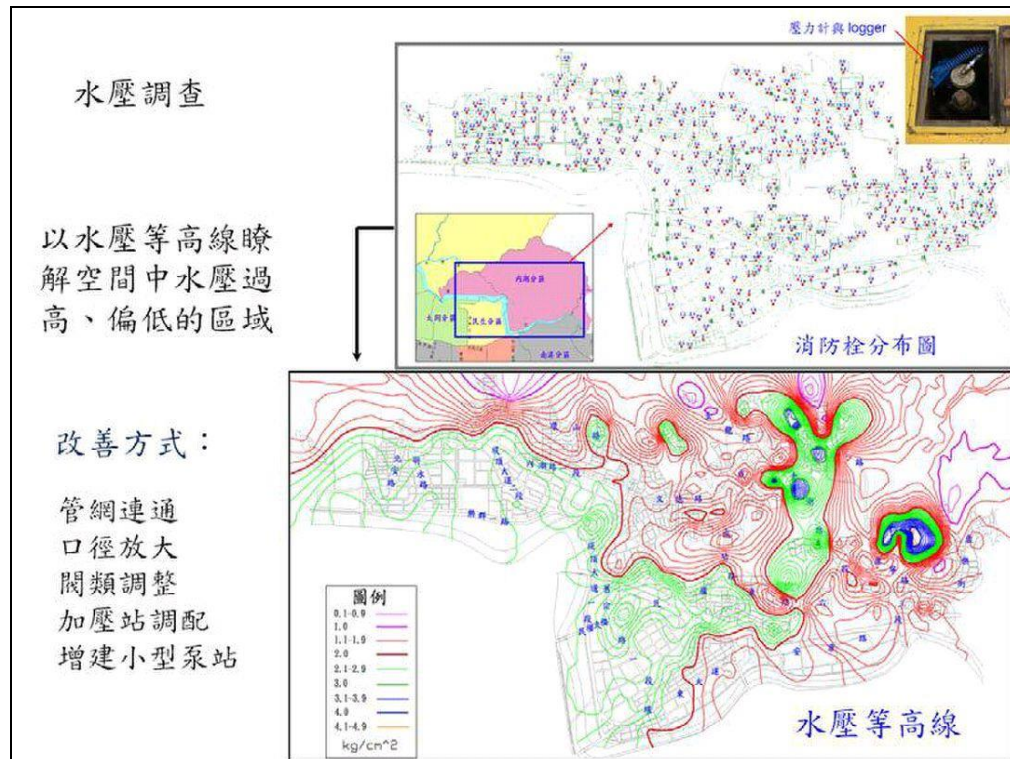


圖 4-30 空間中水壓分布調查與改善方式 [資料 2]

但某些水壓過低的區域，成因比較複雜，有些是管網末端、地勢較高、或者管網配置不當、甚至是操作人員長期誤關閘栓所致。改善方式則需透過管網連通、口徑放大、閘類啟閉調整、甚至增建小型泵站以解決水壓不足的問題。

3. 漏水檢修

漏水管理四大主軸內的兩個策略：漏水檢測、修漏品質，合稱漏水檢修，對於國際間許多自來水公司而言，重要性相當高，尤其是管網體質較佳，管線漏水較不嚴重的系統，漏水檢修是最主要的漏控措施，甚至透過檢修就可以使得 NRW 逐年下降。但臺北管網體質不良，許多老舊管線滲漏嚴重，今年修妥、明年又復漏，漏水檢修並無法降低 NRW，僅能避免漏水惡化，屬於治標不治本的作法。圖 4-31 為臺北 2007~2012 年間的漏水檢修密度圖，單位面積的檢修件數愈高，顏色愈偏紅，可明顯觀察出漏水有集中的趨勢，而且某些地方年年復漏、反覆修理仍然無法根治。這也是為何臺北自從 1996 年開始委託專業廠商進行漏水檢測以來，漏水率一直無法有效降低，甚至還不停

攀升的原因。直到 2003 年啟動管網改善中程計畫、2005 年推動長程計畫，開始有系統的汰換老舊管線，漏水率才逐年降低。

雖然如此，臺北仍將漏水檢修視為一項不能停頓的工作，因為檢修的角色在於輔助管線汰換，可讓管線汰換所降低的 NRW 不至於被復發的漏水所抵消。亦即單靠檢修雖不能降低 NRW，但仍可抑制 NRW 增長。而且既存漏水點如不透過檢測及早處理，地下暗漏亦可能導致土壤掏空，危及安全，若漏水滲出路面，更有礙市容觀瞻。因此臺北每年仍撥付費用，持續委託專業廠商協助檢測地下暗漏。

圖 4-31 臺北 2007~2012 累計檢出地下漏水密度圖 [資料 2]

臺北的漏水檢測採用人工聽音，廠商於凌晨分區域巡迴檢測，主要的工具為傳統的測漏器、聽音棒，輔以相關儀、覓管器、金屬探測器等。詳圖 4-32 所示。雖然本處採用水壓均化的低壓政策，許多破口的漏水摩擦音不甚明顯，而且臺北凌晨的背景噪音也很高，常常蓋過漏水音，聽音辨漏不易。即便如此，於 2003~2010 年之間，平均每年仍可測出 4500 件暗漏，最高峰甚至逼近 6000 件。但由於逐年管線汰換，許多漏水管線已經更新，暗漏消失，2011~2014 年間平均每年僅能測出 1850 件，而且檢出件數仍持續減少之中。



圖 4-32 臺北的主要漏水檢測方式為人工巡迴聽音 [資料 2]

國際間常以檢修的角度將管線漏水分為三類，將包含漏出路面，由民眾通報的漏水（Reported Leaks）、以及屬於地下暗漏之測的出的漏水（Detectable Leaks）、測不出的漏水（Undetectable Leaks，又稱背景漏水 Background Leakage），詳圖 4-33 所示。其中前兩項由於已經知道漏水點，因此屬於外顯漏水，必須及早修復，否則漏水量將持續增加，這就是提升修漏速率的基本觀點，因此臺北很早就訂定漏水點一日修妥率的目標值，過去十年間，平均約可達到 95% 的水準。

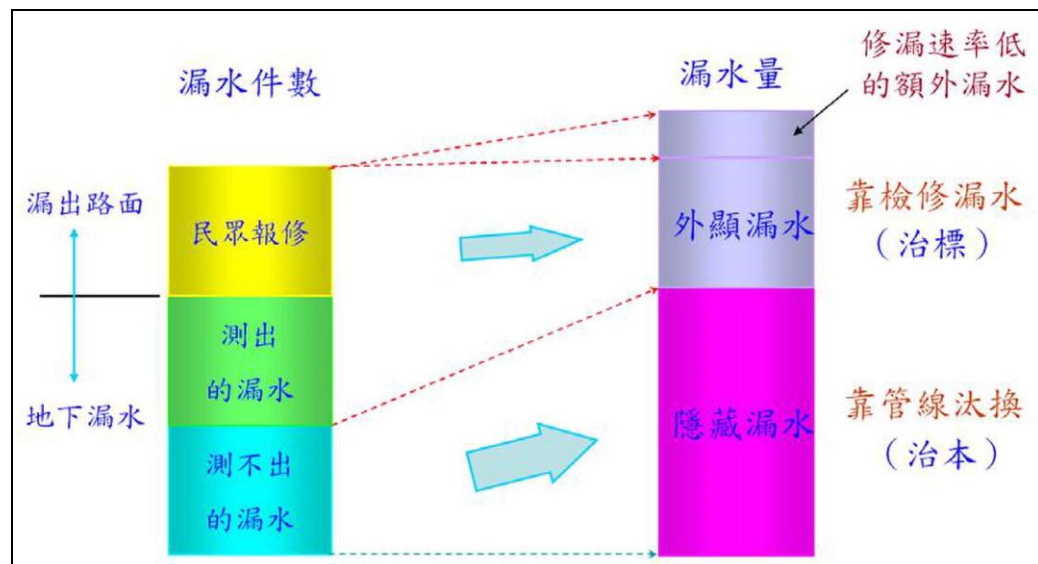


圖 4-33 管線漏水的分類與處理方式 [資料 2]

即便修復外顯漏水的速度夠快，減少了額外漏水量，但仍有測不出的漏水，隱藏於地下，一年 365 天持續滲漏。在臺北，這些滲漏量十分驚人，僅靠檢修作業是無法消除這些隱藏漏水的，於 2003 年以前尚未推動管網改善計

畫時，這些隱藏漏水居然可以累積至將近 30%的漏水率。若由歷年修理漏水的紀錄，超過九成的比例為給水管線漏水，雖然配水管漏水件數未達一成，但配水管的水壓高，每件漏水量將遠大於給水管，而傳統巡迴聽音受到背景噪音干擾，往往聽不到埋設更深的幹管暗漏音，並且許多大型幹管不在管網改善計畫的汰換列表內，必須有其他的方式檢測漏水。因此臺北試辦國外技術 Smart Ball，將記錄球投入大管中，隨水流動沿線紀錄漏水音，可直接聽取漏水避免外界雜音干擾。經試辦，的確可精確測出傳統聽音法無法得知的漏水，詳圖 4-34 所示，但使用上很不方便，除了必須穩定控制大管流速避免記錄球卡住不動，更須將所有旁通分支管線關閉，以防止記錄球誤入用戶管而遺失。但關閉旁通閥將導致大面積用戶水壓降低，必須由其他泵站調度水量支應。實作後，發現並不適合都市內分支管眾多的幹管檢測，比較適用於無旁支管的輸水型幹線，所以仍需參考其他自來水公司的經驗，尋找不同的幹管檢漏技術。

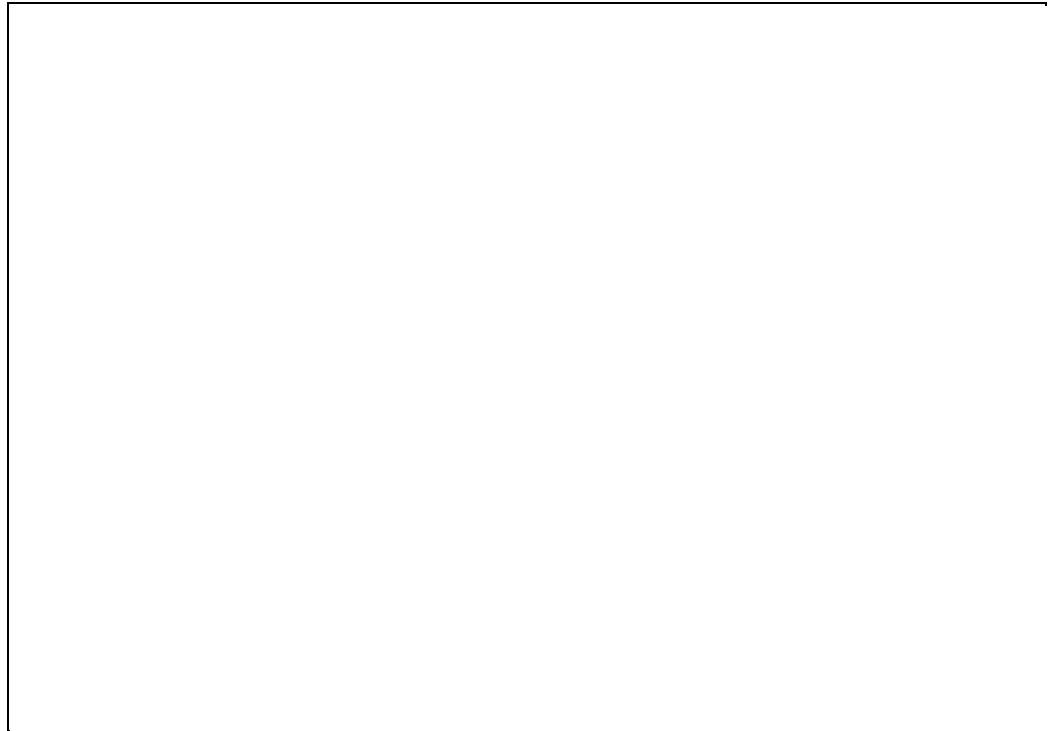


圖 4-34 臺北試辦大管線檢測案例 [資料 2]

(三) 漏損控制成效

臺北自 2003 年開始推動中、長程管網改善計畫，經過十年，總共完成 213 個小區的管網改善，這些小區經過挑選，皆屬管網比較老舊、漏水比較嚴重的區塊，因此改善的成效較佳，由圖 4-35 所示，改善前售水率接近 50%，顏色偏紅，改善後小區售水率皆提升至 90%以上，顏色變成藍色。因為這些小區施工前後皆經過計量，可計算減少的漏水量，經過實測，小區管汰平均每年約降低 2.2 萬 CMD。

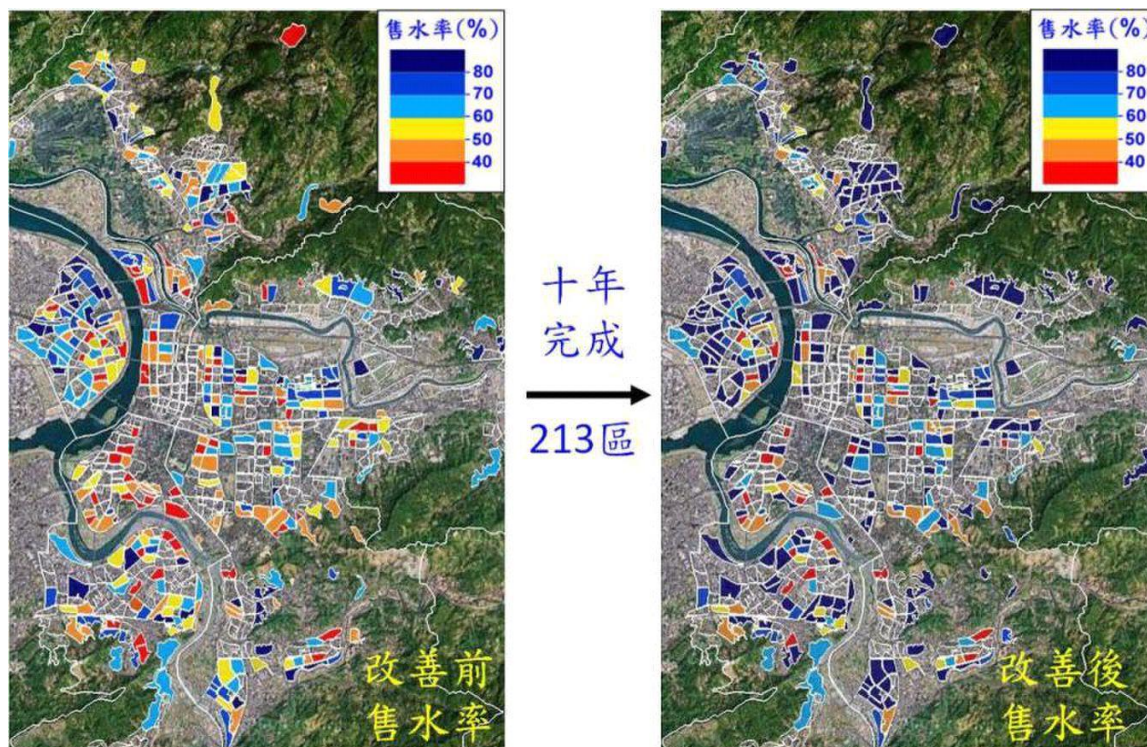


圖 4-35 臺北小區管汰的成效 [資料 2]

若由整體產銷水量計算 NRW 下降趨勢，詳圖 4-36 所示，則每年降低 4.4 萬 CMD，代表小區的改善成效佔了 50%的功勞。至於水壓管理的貢獻，主要計畫推動後陸續安裝變頻器、實施閥門控制凌晨流量控制等措施，打平壓力駝峰所減少的漏水量，透過 FAVAD 方程式，指數以 1.85 帶入，駝峰弭平後，平均每年約減少 NRW 約 1.97 萬 CMD 的漏水量，貢獻了整體 NRW 下降量的 45%。剩下的貢獻為 5%，為漏水檢修的成效，雖然比重很小，但漏水檢修「止漏待換」的功能，仍然扮演著抑制漏水惡化的重要角色。

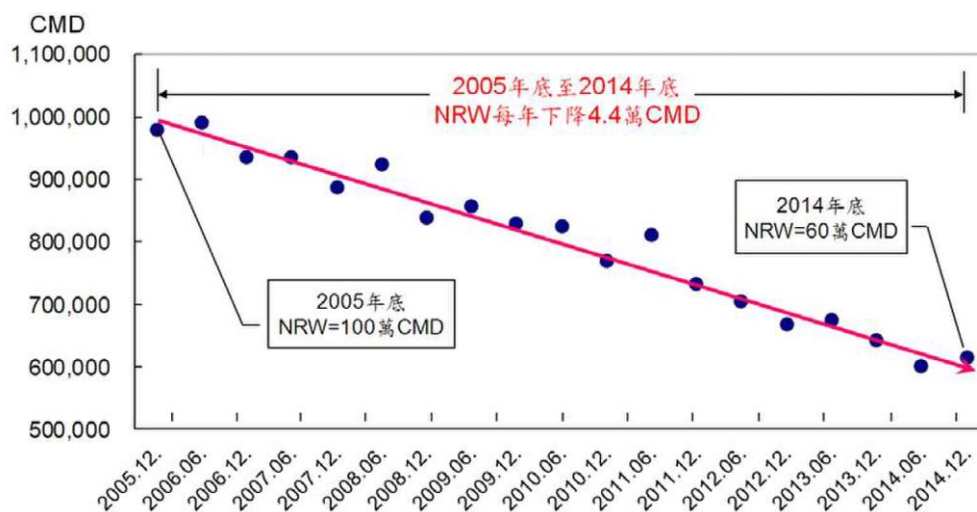


圖 4-36 臺北管網改善長程計畫執行 NRW 下降趨勢 [資料 2]

總結臺北實施漏水控制的一張成績單，就是漏水率下降趨勢圖，詳圖 4-37 所示，中程計畫實施三年間，由於屬於 Pilot Project，運用的手法與技術仍未臻成熟，甚至某一年的漏水率還稍微惡化，但臺北於長程計畫推動後，逐漸累積經驗，吸收他國水公

司的技術與方法，內化為本土解決方案，漏水率便逐年往下降低。長程計畫執行迄今，累計降低 10.28% 的漏水率。也因為管網漏水減緩，水資源的運用更為餘裕。以大停水的 2002 年與 2014 年相比，這兩年降雨量同樣偏少，但由於 2014 年漏水率大幅下降了 11.74%，所以可運用的水無形中變多了，不但可加水庫調蓄能力，更有餘力支援板新地區的用水，如同增加半座的翡翠水庫，即便 2014 年底至 2015 年初整個西部走廊枯旱，大規模停灌休耕，但因為漏水控制得宜，使得整個大臺北地區都沒有缺水的問題，詳圖 4-38 所示。

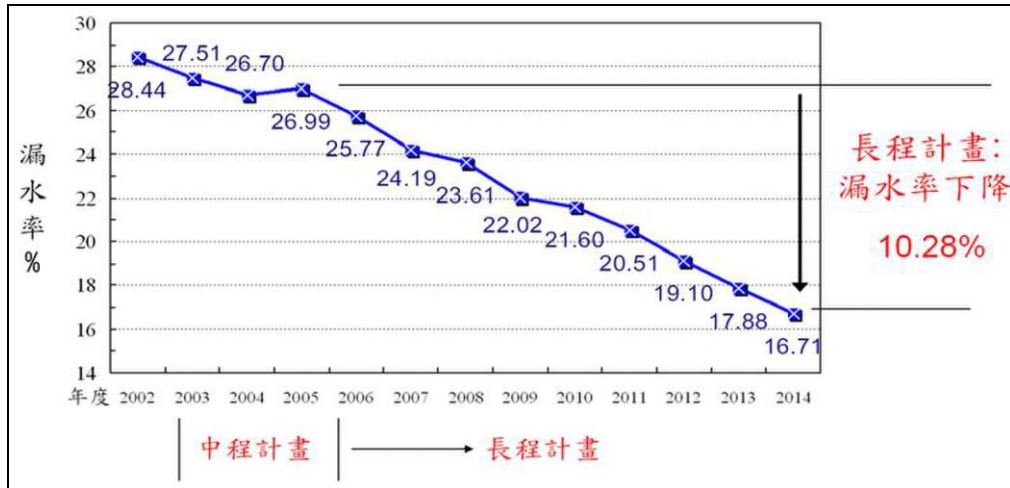


圖 4-37 臺北 2002~2014 年的漏水率變化情況 [資料 2]

年度	翡翠水庫 8-12月降雨量(mm)	水庫年底蓄水百分比	本處漏水率	年轄區配水量(億噸)	年支援量(億噸)
2002	1377	58%	28.44%	8.78	0.74
2014	1201	92%	16.70%	6.99	1.23
差異	-176mm	+34%	-11.74%	-1.79億噸	+0.49億噸

2014年底更為乾旱
 漏水減少 11.74%
 省下半座的翡翠水庫 { 1.23億噸支援台水
 0.56億噸留存水庫
 (增加水庫調蓄能力)

圖 4-38 減少管網漏水後大臺北枯旱不缺水 [資料 2]

四、澳門

(一) 基本數據

澳門位於珠江出海口西側，人口約 64 萬人，其中居住於北方澳門半島人口佔 53 萬人，澳門南方離島佔 11 萬人，2014 年入境旅客高達 3 千 1 百多萬人，觀光流動人口為在地人口的 49 倍，其主要經濟為觀光業。澳門現今的土地係由多年來填海造陸所擴張而成，詳圖 4-39 所示，1912 年時南方兩個離島分開孤立，但至 2000 年代已經透過填海而連成一氣，北方半島也擴張成兩倍大。自來水供水管網全長為 514 公里，此外尚有 32 公里的原水管與 12 公里的再生水管網。

圖 4-39 澳門歷年填海造陸範圍（左），與供水管網（右） [資料 3]

澳門主要原水來自北方珠江支流，因取大河之下游水，每當冬天華南乾季河川流量減少，常受到海水漲潮入侵取水口，而發生「鹹潮」，淨水場被迫暫停取水。因此澳門設有原水儲水池，預先儲水備用，以避免鹹潮來臨時無水可取。澳門的主要淨水場共有 3 處，總出水量為 390MLD（百萬公升/日），為 39 萬 CMD 詳圖 4-40 所示。由於原水水質逐年惡化，其中新的大水塘淨水場甚至必須使用深度處理，以高壓空氣打入原水，使藻類與氣泡結合形成泡狀物，浮出液面後刮除，通過超濾薄膜（Ultra Filtration Membrane），才能成為自來水，淨水過程較臺北傳統淨水場更加耗能。由於觀光興盛，水量需求日亦增加，在原水處理成本逐年增加，開源昂貴，管網節流漏控於是成為澳門的重要工作。

圖 4-40 澳門的主要淨水場、泵站、與配水池 [資料 3]

1. NRW 管理與團隊

澳門的 NRW 百分比（稱為「產銷差率」）詳圖 4-41 所示，1985 年以前曾經超過

18%，2000 年以前控制在 11~13% 之間，隨後自來水公司發現水表老舊因素引致 NRW 居高不下，因此於 2003 年，大幅更換用戶水表，雖然仍採用與臺灣同等級的 B 級表，但水表更新當下，NRW 立刻下降至 9.8%。由於水表體質逐年衰退，NRW 又回到 12% 上下。澳門也發現表前給水管（稱為「入戶管」）的滲漏也是 NRW 成份之一，因此 2011 年展開入戶管的更新工程，再次將 NRW 往下控制到 8.8%。

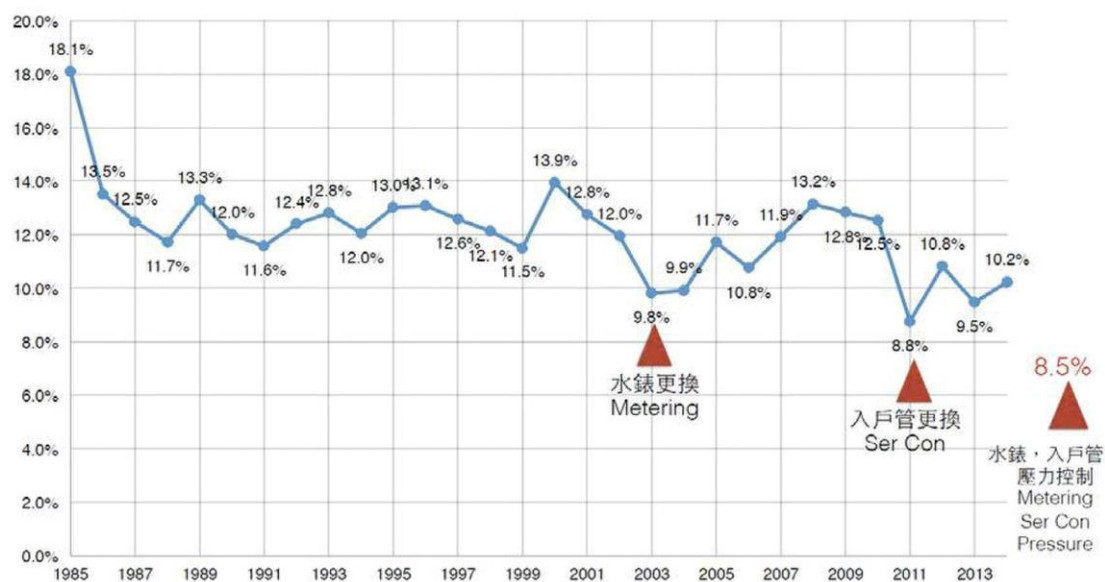


圖 4-41 澳門歷年 NRW 的變化趨勢圖 [資料 3]

澳門自來水公司持續減少 NRW，除了用戶水表管理、給水管更新之外，並著重管網水壓管理，並組織 NRW 控制團隊，到 2015 年已將產銷差率控制在 8.5%，而且持續下降之中。澳門的 NRW 管理方式，是由「管網團隊」與「客服團隊」共同組成，並設定重要的 KPI 目標值，包含供水分區、漏水狀況、水表狀況、DMA、檢漏、計量等等。由工程與業務兩個領域的同仁一起努力，也彼此互相妥協，制定雙方可行的方案。與臺北全部由工程人員主導管網改善計劃、制定漏控指標、研創材料規範及水表技術等，業務人員不易插手，甚至無從置喙，在這點上，臺澳雙方的制度不太一樣。目前澳門已經定訂一個「管網更新計劃」，為期 5 年，配水管將汰換成延性鑄鐵管 (DI) 或鋼管 (SP)、給水管將汰換成 SSP。並選擇老舊的石綿水泥管 (AC)、鍍鋅鐵管 (GI) 優先汰換。並對管網爆管、漏水維修頻率高的管段登錄起來，於道路主管開放挖掘時立刻進場施工。

圖 4-42 澳門現今供水管網的管材比例與 DI 管材照片 [資料 3]

就澳門所提供的管網材質比例圖，詳圖 4-42 所示，與臺北類似，配水管都以延性鑄鐵管為主，而且比例都接近八成，即便連鑄鐵管內部也都使用水泥內襯，為一的差別在於臺北並無石綿水泥管線。此外，澳門也運用 GIS 及管網分析輔助軟體，將待汰換的弱點管材以紅色套繪出來，詳圖 4-43 所示，並分析計畫中每年更換長度比率之下，每年必須投入的金額、每年整體管網管齡變化、每年每公里爆管率變化趨勢，也可以套疊道路管理單位開放挖掘年份，讓管線汰換的排程與軟體預測結果更貼近實際狀況。如果原計畫模擬出來的投資金額分配太過不均勻，或者爆管率變化趨勢不盡理想，則可再調整原始輸入的年汰換長度比率值，以各種情境 Scenario 模擬，得出不同的汰換模式 (Mode)，再由其中挑選最佳方案據以執行。但澳門也表示，雖然電腦模擬很快，但也未必全然正確，仍要根據有經驗的人員進行取捨。

圖 4-43 澳門管線汰換輔助軟體計算出的某個汰換模式 [資料 3]

澳門 DMA 與臺北的功能性有所差異，前一節介紹臺北的小區主要是搭配管線汰

換，用以挑選售水率較低，優先進場，以將汰換的效果最大化，所以區塊較小，而且平常閘門開啟。但澳門 DMA 則是長時封閉，而且區域面積比臺北更大，主要目的用於進行壓力管理，並即時透過流量壓力的監控，了解區域突發事件。如圖 4-44 所示，澳門劃設 8 個 DMA，於北側澳門半島分為高區、低區，南方的氹仔島也分為高、低區，這類按照高程劃設的 DMA，實際上就是壓力管理區 PMA。由澳門的各區計量結果，可明顯發現，用水量最多的地方在澳門低區 DMA，因為人口密集，用水量佔了全澳門的 63%。

圖 4-44 澳門劃設之 DMA 分佈圖與供應水量比例圖 [資料 3]

經過 DMA 的漏水量實測，也是澳門低區的水量損失總量最高，詳圖 4-45 所示，雖然澳門低區的 NRW% 約 12%，並非最高，比起路環區的 17%、路環聯生區的 15%、氹仔低區的 13% 都稍低，但由於澳門低區的人口與管網密度最高、進入的水量也最多，因此漏水最為嚴重。這一區也是澳門最早開發與都市化的區域，當然管線埋設較久，用戶管不但多而且老舊，當然滲漏率高於全澳。

圖 4-45 澳門各 DMA 於 2015 年 1-8 月水量損失比例圖 [資料 3]

有鑑於此，澳門自來水公司除了規劃於澳門低區汰換最多的管線之外，也特別安排漏水聽音測漏的作業。其漏水檢測包含傳統方式以人工進行夜間巡檢聽音，也佈設許多的漏水音記錄儀，如 Permalog，吸附於管網的制水閥、排氣閥或消防栓上，用以探測管線異常漏水聲音。將澳門低區細分為 22 個測漏區域，除了一個分區沒有測出漏水之外，其餘的 21 個測漏區總共測出 105 件漏水點，佔了全澳門漏水案件的 73%，詳圖 4-46 所示。其中漏水點 5 件以上的測漏區共有 11 區，單一測漏區測出最多件數為 16 件，儘早修復以避免管網滲漏惡化。澳門的測漏分區十分相近於臺北的巡迴檢漏分區，與 DMA 以計量為導向的功能不同，純粹是按照過去暗漏發生頻率與街廓大小所劃設，但臺北完全委由專業測漏廠商自行規劃，按照廠商的期程巡迴測漏，不太干涉其路徑，近年來新增的稽核機制是要求廠商巡迴測漏時配戴 GPS 接收器，以讓臺北分析廠商檢測路線，是否完整覆蓋轄區。

圖 4-46 澳門半島的漏水檢測工作與測出案件分佈 [資料 3]

(二) 案例分享

澳門本次特別分享該公司所使用的智能管理工具（Smart Network Tool）於 DMA、大用戶表的監控管理。澳門自來水公司使用法國蘇伊士環境公司（SUEZ Environment）所開發的 Aquadvanced 系統，對轄區內的 DMA 進行監控，由於蘇伊士為澳門水公司的母企業體，因此屬於自有技術，不需額外付費採購。Aquadvanced 可將安裝於供水轄區內的流量、壓力記錄器於電腦螢幕呈現數值，以日、週、月、季、年的方式繪製趨勢線，並自動計算 DMA 的產銷差率，詳見圖 4-47，氹仔島與路環島一帶劃設的 5 個 DMA 中，因路環小區的夜間最小流愈來愈大，產銷差逐漸增長，而出現紅色警示，提醒水公司應進行處置。由於軟體可觀察各區塊的漏水狀況與供銷表現，故稱之為 Water Networks Performance Tool。

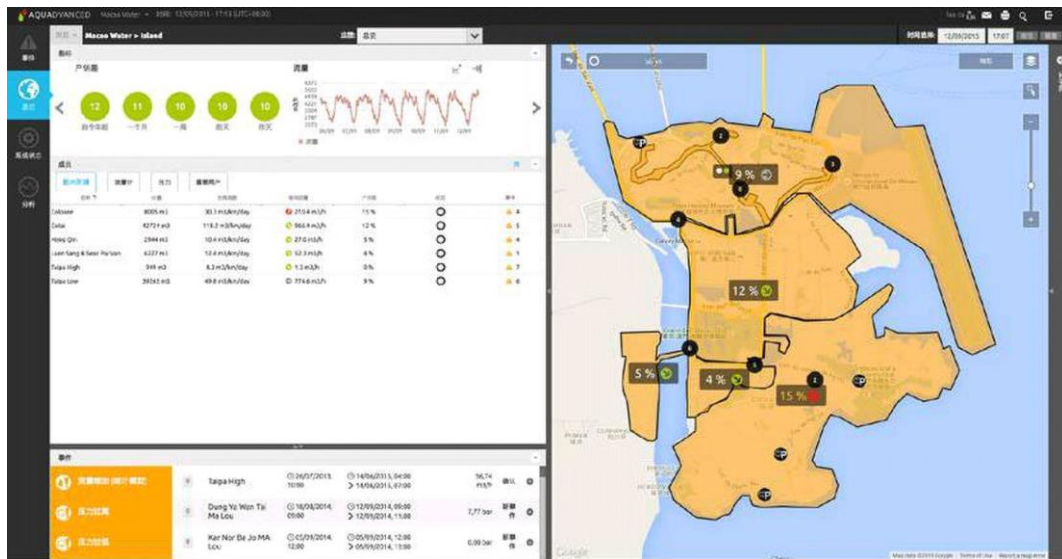


圖 4-47 澳門使用 Aquadvanced 系統管理 DMA [資料 3]

澳門的觀光事業非常興盛，遊客用水量遠比長住居民多，其下榻酒店更是澳門水公司的主要用水客戶，必須隨時關注用水量。2000 年之後於氹仔島與路環島間陸續填海所形成的路氹區，該海埔新生地目前布滿眾多渡假娛樂酒店，以最豪華的威尼斯人酒店為例，詳見圖 4-48，每日最大用水量可超過 1 萬噸，每月抄表度數可達 25 萬度，十分驚人，如不加以即時監控，當水表故障等到抄表才發現，將是澳門水公司的鉅額損失。因此對於超級用戶表安裝自動讀表設備 AMR，並將訊號導入 Aquadvanced 系統，以便即時監控，如有用水異常可以儘早處理，也可發現酒店內線爆管洩漏當下，迅速通知用戶修復，以避免雙方日後水量計費紛爭。此外，該系統也對大用戶表的夜間最小流量增長趨勢進行長期觀察，如果趨勢日漸增加，則可能是酒店內的微漏量擴張，應安排內線檢修為宜，以預防小漏變成爆管。

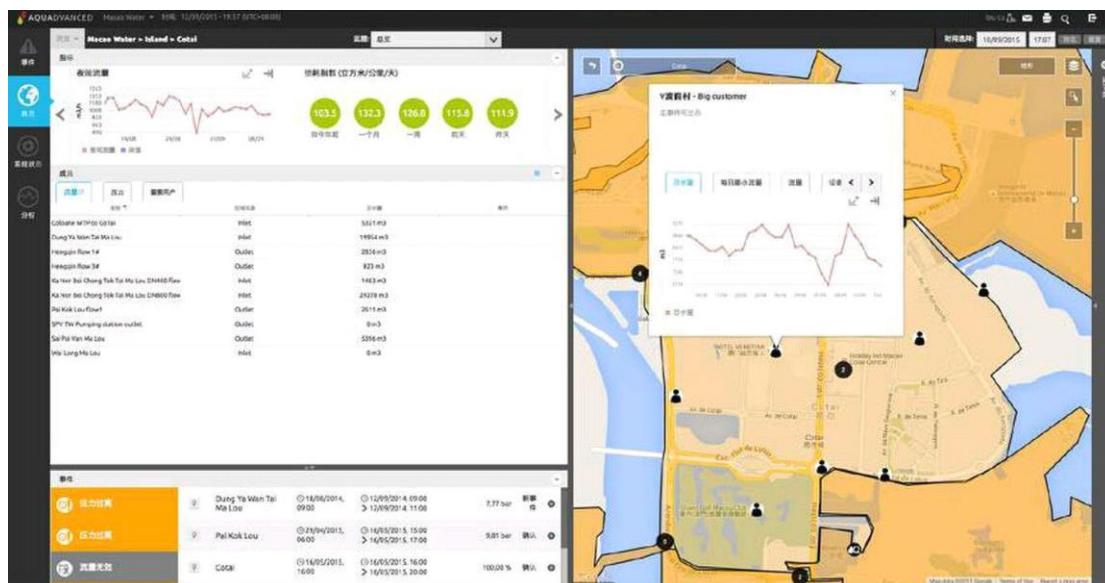


圖 4-48 監控超級大用戶（威尼斯人酒店）大表流量 [資料 3]

該軟體也具有智能推論與智慧判定的功能。系統可利用收集的歷史資料，如流量歷時紀錄，將瞬間流量區間繪製上下包絡線，代表在這個包絡線上下界內的流量為合

理工況，如果實際流量大幅超出包絡線，則系統將判定為異常事件，而發出警報。以橫琴校區 DMA 為例，詳圖 4-49 所示，紅色的面積為上下包絡線所圍的合理工況區間，藍色的折線為 DMA 實測進水流量，其中於 4 月 19 日凌晨，夜間最小流突然飆高，衝出上包絡線，4 月 20 日狀況依舊，因此於 4 月 20 日上午即刻派員檢修，修妥後隔日夜間最小流即回歸正常。



圖 4-49 以 Aquadvanced 系統進行智能推論並疊合實際流量 [資料 3]

相較於澳門，臺北也使用類似包絡線的概念，對於小型社區的泵站出流量、或者配水池流入管網的水量，將過去歷史流量紀錄以機率原理繪製 95%合理區間，如果實際流量超出合理區間，則可能發生異常事件。此外對於大用戶 AMR 的建置，臺北也有類似的計畫正在執行中，主要目的也與澳門相仿，更增加了用水模式與水表衰退分析，並按照臺北在地需求而客製分析軟體，並非採用套裝軟體。

五、香港

(一) 漏控的起因與背景

香港水務署負責整個香港的自來水供應，其供水轄區面積為 1100 平方公里，其中 300 平方公里為集水區，並設有 17 個大小水庫，可儲蓄原水約 5.90 億噸，詳圖 4-50，儲滿後可供應全香港約 4~6 個月的用水，其中兩個大型水庫甚至蓋在海邊，配合地形以築堤圍海的方式建造水庫，工程十分浩大，庫容量分別為 2.3 億噸、2.8 億噸。即便如此，由於每年香港本地水庫入流量僅 2.95 億噸，相較於香港每年用水量高達 12.3 億噸，明顯入不敷出，許多水源必須由中國大陸支援。為了減少境外水源的比例，香港曾打算擴建更多的境內水庫，但考量昂貴的建設費用與引起的環境衝擊，最終暫緩實施。

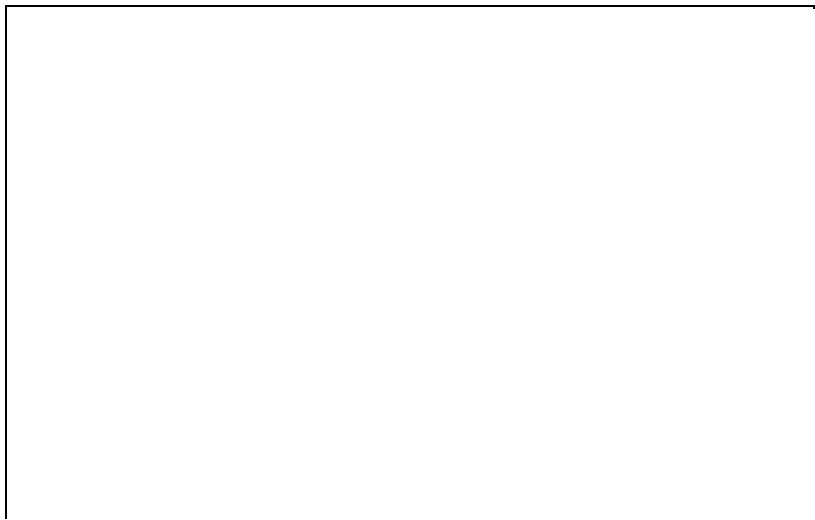


圖 4-50 香港水務署供水轄區與集水區 [資料 4]

由於香港龐大的觀光人口，導致水資源的相對匱乏，香港水務署甚至埋設第二套輸送海水的管網系統，用以供應民眾沖廁之用，雖然分擔了 2.71 億噸的用水，仍然有 9.59 億噸的自來水年需求，是海水不能替代的。因此香港在難以開源的情況下，只能由管網漏控上進行節流，因此自 2000 年以來，香港開始投入大筆經費改造管網系統。

香港的管網全長 8400 公里，超過 2 萬只閥門，系統十分複雜，甚至在九龍地區，每平方公里內配水管長度就超過 27 公里，加上地勢高低起伏，輸送水量與穩定壓力不甚容易，導致水壓高低差距很大，許多地勢較低的地方管網水壓太高，某些地方的水壓甚至高達 40~50 米。管線老化後經不起水壓的尖離峰變化，而經常發生洩漏，甚至突發爆管，如圖 4-51 所示。不僅流失珍貴的水資源，更使得繁忙的交通中斷。但水管滲漏率於 2003 年高達 25.8%，管網系統老化問題嚴重，迫使香港水務署必須提出管網整體改善計畫。



圖 4-51 香港高水壓引致管線爆管與滲漏 [資料 4]

(二) 管網改善計畫與小區管理措施

為減少水管滲漏情況，香港水務署自 2000 年起對全港總長 8400 公里的水管實施更換及修復計劃，簡稱為 R&R 計畫（Replacement and Rehabilitation Project），爭取於 2015 年前完成更換及修復長達約 3000 公里的水管。更換及修復計劃完成後，水管滲漏率將由 2003 年的 25.8% 下降至 2015 年的 15%。R&R 計畫共分 4 個階段，為期 15 年，預計投入 2360 億港幣，採取整合式的管理方式，引進 IWA 的多管齊下策略，除了更換管線，更進行檢修漏、水壓管理、小區計量等工作。

香港與臺北的狀況十分類似，不僅於 2000 年初的漏水率相仿，皆逼近 30%，而且管網老舊複雜程度也相去不遠，香港許多管線已經埋設超過 30 年，臺北甚至仍殘留不少日治時期的鑄鐵管與鉛管，而且雙方皆人口密集，管線密度極高。於繁忙的街道中更換或更生逾齡管線，香港採用許多免開挖工法，詳圖 4-52，其經驗值得臺北借鑑。

圖 4-52 香港水務署推動更換及修復計劃「R&R」[資料 4]

由於全港管線龐雜，為期 15 年的 R&R 計劃仍然無法全面更換所有的管道，僅能施作 36% 的管線，因此香港水務署提出一個更換的挑選評分法則，詳圖 4-53 所示，基於風險管控精神，以「爆管之機率」、「破管影響性」兩大項目展開，分別對配水管線評分。其中爆管之機率考量管材、管齡、破管次數、管線現況、環境狀況。破管影響性則考慮周邊用戶數、重要用戶數、交通影響、對鄰近管線衝擊。這些數據由 GIS 擷取後進行評分，最後匯入風險矩陣，九宮格內分為 5 個風險等級，香港水務署再由評分列為最高風險的管線優先汰換或修復。

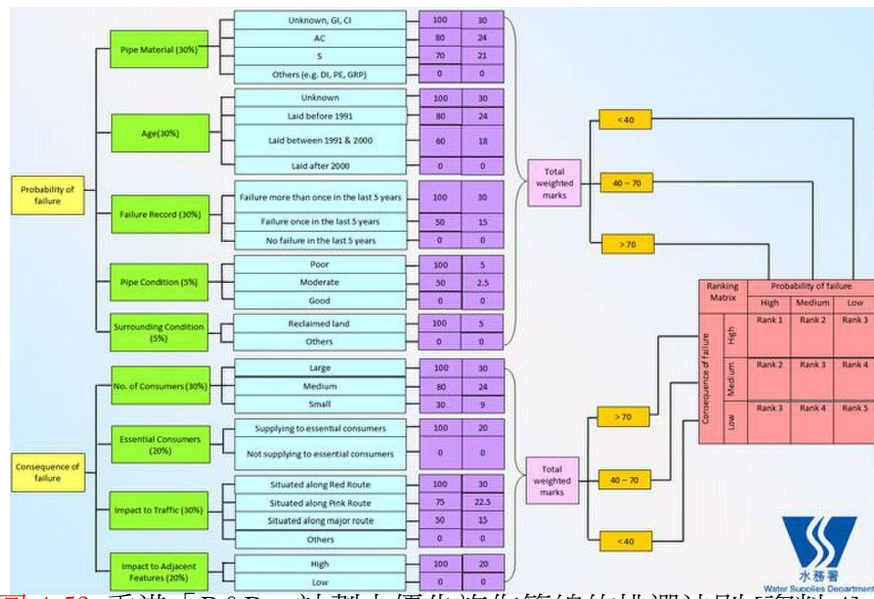


圖 4-53 香港「R&R」計劃中優先施作管線的挑選法則 [資料 4]

香港的挑選方法比較接近臺北的管網弱點分析，屬於間接方式，即以相對風險評判管線體質，不由實際漏水狀況進行挑選，有可能風險高但實際漏水量不高。而臺北選擇售水率低於 50%的小區優先汰換之規則，則屬於直接方式，係針對管線真實漏水嚴重程度進行挑選，可實際計算汰換前後的漏水量降低數據，而且臺北於小區內採用全面汰換方式，包含配水管與給水管等大小管線，只要小區漏水超過一半，就全面更新，因此漏控效果十分顯著。

經過 15 年的 R&R 汰換與修復，香港的爆管與滲漏修理件數明顯下滑，詳圖 4-54，尤其是配水幹線的爆管次數，由每年 2600 件大幅降至 169 件，最為顯著。但小管線的滲漏修理件數，雖由每年的 2 萬 2 千件下降至 1 萬件，但仍居高不下。可能的原因在於香港的風險判定挑選法係針對輸配水管線為主，卻遺漏了用戶給水管的部分，所以給水管僅能在配水管更換時順帶施作，屬於被動更新所致。

圖 4-54 香港「R&R」執行 15 年來爆管與修漏逐年遞減 [資料 4]

香港漏控的另一個挑戰，在於區域水壓過高，由於全港屬於多山丘的地形，甚難將整體水壓均勻化。有鑑於此，香港水務署針對管網的特性與拓撲，搭配轄區 200 多個配水池進行小區劃設，詳圖 4-55，小區劃設完成後，坐落於地勢較低的小區，由於水壓較高，於是額外在進水點安裝減壓閥，以控制進水壓力，降低區域水壓，減少滲漏量，這類的小區便稱為壓力控區 PMA。至 2015 年中，香港已經劃設了 750 個小區，預計全部劃設完畢後全部小區數量可達 2000 個以上。

圖 4-55 香港按管網拓撲、配水池與高程劃設 DMA 與 PMA [資料 4]

由於必須持續控壓，香港的小區為長期封閉。有別於臺北的小區，因為主要用來挑選汰換管線與檢核施工成效，所以臺北的小區平常周邊制水閥全開，需要計量時才封閉。只有臺北盆地周邊丘陵區的少數獨立小區才屬於長時封閉，並設置減壓閥控制水壓，比較類似香港的 PMA。至於盆地中央平原的小區不須以減壓閥進行控壓，臺北是以泵站端的變頻器進行大面積的穩壓，因此臺港的作法不太相同。

香港的 DMA/PMA 進水點皆設有窰井，所設置的流量計均採用電磁式流量計，並使用 GSM 方式回傳訊號，每個小區原則上以一個進水點為主，與其他小區的相通管平時制水閥常閉，如遇到緊急狀況，如爆管、水壓供應不良時才開啟，做為備援進水點之用，詳圖 4-56 所示。相較於臺北住宅區建物以低樓層式公寓為主，香港住宅建物樓層極高，用戶數很多，所劃設之 DMA 單一進水流量必須能夠供應所需，因此小區的面積與管線長度比臺北小。

圖 4-56 香港 DMA 劃設、進水點窰井、流量計設置情況 [資料 4]

有別於臺北的 DMA 多由鄰近街廓分割管網形成小區，香港的 DMA 與 PMA 大多以高程決定劃設的邊界，詳圖 4-57，原則上以高程之相對低點設置 PMA，其進水點減壓閥的出壓設定值必須因地制宜，按照當地地勢與住戶用水量隨機調整。因此香港設置 PMA 並無絕對的嚴格設定法則，但有四個原則宗旨，包含(1)降低超額水壓、(2)維持管網水壓穩定、(3)減少管線漏水、(4)延長管線壽命。只要能夠同時滿足四個原則就是令人滿意的 PMA。

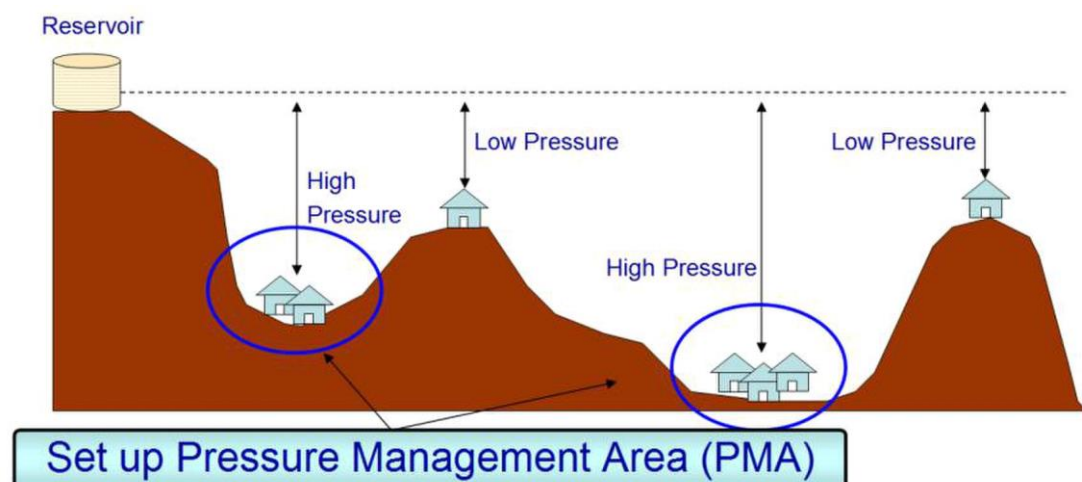


圖 4-57 香港於地勢之相對低點設置 PMA [資料 4]

(三) 設置「智管網」的規劃

隨著香港 DMA/PMA 的區塊數愈來愈多，未來將超過 2000 個小區的規模，屆時海量的流量、壓力訊號也不停湧入 SCADA，如果僅以人工判斷並進行區塊的手動調整，勢必不能優化調度與管理，更易因監管人員的疲勞或疏失導致狀況頻傳。有鑑於此，香港水務署近年來開始籌建「智管網」(Water Intelligent Network, WIN)。除了納入小區的流量、水壓數據之外，也包含管網區域檢漏之漏水音記錄儀訊號、各泵站出壓流量、配水池水位等資訊，以進行即時監控、後端分析、提供決策等主要目的，詳圖 4-58。

基本上，香港的智管網包含了過去各國監控中心 SCADA 的所有功能，而且隨著科技的進步，必須能夠同時接收固網訊號以及無線訊號，詳細呈現即時資訊至 PC、移動裝置、手機等設備。

圖 4-58 香港設置「智管網」之主要目的 [資料 4]

系統必須具有雙向功能，亦即除了監看之外，尚能由主控端發出指令，遙控遠端可控設備進行調整。要跳脫傳統 SCADA 的框架，就必須額外增加智能分析的部分，系統將包含智能警報、模式分析、與行為預測，即時訊號部分主要提供給第一線的操作人員、監管人員對系統進行調度，而後端智能分析的結果則提供給決策人員、規劃人員進行計畫的擬定與政策制定。

此外，智管網的資料來源必須是多元的，除了由前述的 SCADA 系統擷取而來的 Real time Signals 之外，也具備介接其他資料庫的功能詳圖 4-59，例如 Call Center 系統、GIS、資產系統、MIS、帳務系統等水公司重要資料庫。介接後須先進行資料爬梳、送入演算引擎，之後按照所定義之事件，逐條呈現，再設定事件上下限警報門檻，由雲端發送訊息通知相關人員。其中的演算引擎為關鍵核心，包含即時管網水力分析（Hydraulic Analysis）、大數據模式分析、遺傳演算試誤法、類神經演算…等，也是各家系統廠商的關鍵技術所在。

圖 4-59 香港「智管網」運作基本功能與訊息處理方式 [資料 4]

香港水務署提出智管網系統之建置規劃，需要包含前述諸項功能，為求慎重，特別邀請三家跨國系統廠商進行測試比較，包含了 Latis、NetBASE、TaKaDu，詳圖 4-60 所示，皆為國際間自來水界常用的智能分析軟體，評價都不錯。經匯入香港既有的 SCADA 訊息、主要資料庫資料，透過觀察軟體之產出界面訊息、智能推論能力、警報靈敏性、系統穩定性、操作便捷性等，以瞭解何種系統軟體比較適合香港的需求。至 2015 年底這項測試結果應可出爐，屆時香港水務署將從中選擇一套系統應用於智管網的核心運算引擎。

圖 4-60 香港建置「智管網」的未來候選系統介面 [資料 4]

在臺北，雖然 SCADA 已經建置超過 15 年，但主要的系統調度、異常發覺與排除，都是仰賴具有經驗的資深操作員，系統軟體的主要功能僅是監看管網訊息，並提供遠端操控能力。但對於龐雜的管網系統，如不經過深層的數據挖掘，很難釐清最適操作模式為何，更不易徹底均化系統水壓、減少泵站耗能、提升能源效率。雖然近年來，已陸續有同仁開始對過去所累積的海量數據庫進行挖掘爬梳，但仍只是初探，不易優化整體系統。因此，香港智管網推動歷程值得臺北借鑑。

六、上海浦東威立雅

上海市分割數個區域由不同的自來水公司供水，位於黃浦江以東的「浦東」地區則由「上海浦東威立雅」自來水公司負責供水。該公司由法商 VEOLIA 持股 49%，故名浦東威立雅。服務區域面積 672 平方公里，轄區內設有 5 個淨水場、10 個主要泵站，詳圖 4-61，最大日供水量為 160 萬 CMD。管網之輸配水管長度 4823 公里，服務人口 420 萬人，於轄區西側靠近黃浦江一帶人口較為稠密，東半側廣大區域則屬於上海的郊區，人口較少，轄區內用戶水表合計 128 萬餘只。上海浦東威立雅設有 5 個辦事處，員工總人數合計 999 人。

圖 4-61 上海浦東威立雅供水轄區與主要設置幹管 [資料 5]

浦東威立雅因為與外資合作，較早引進先進技術與管理方法，該公司於產、供、銷全流程連貫以可視化、信息化的管理方式，採用 Web-GIS 供水管理集成平台，連接各業務資料庫，達成各部門數據間的共享。在生產方面，即時監控淨水場站各項製程數據。於運營方面，建立管網 SCADA，以在線監控管網壓力、流量、水質等狀態。客服方面，則以 PDA 抄表管理、優化抄表路線、並建立用水模式分析數據庫。在中國一線城市中，屬於較為先進的自來水公司。

然而浦東的 NRW%（產銷差率）卻相當高，以 2014 年的數據顯示，浦東威立雅全年配水量為 5.411 億噸，不含人工額外計帳的售水量僅有 3.547 億噸，代表 NRW 為 1.864 億噸，NRW% 高達 34.45%，即便將人工額外計帳的水量（目前未知）也納入售水量，調整後的 NRW% 可能也不低於 30%，顯然管網滲漏與帳面損失十分嚴重。因此，由浦東威立雅提出產銷差的控制策略，詳圖 4-62，如同洋蔥層層剝皮後，剩下的內核心即為實際抄見售水量。威立雅認為導致水量損失的成份，除了管網漏水之外，還有違章竊水、應抄未得（水表誤差、計帳錯誤）這兩個重要項目。三個成份必須以不同的措施加以控制才能減少浦東的產銷差。

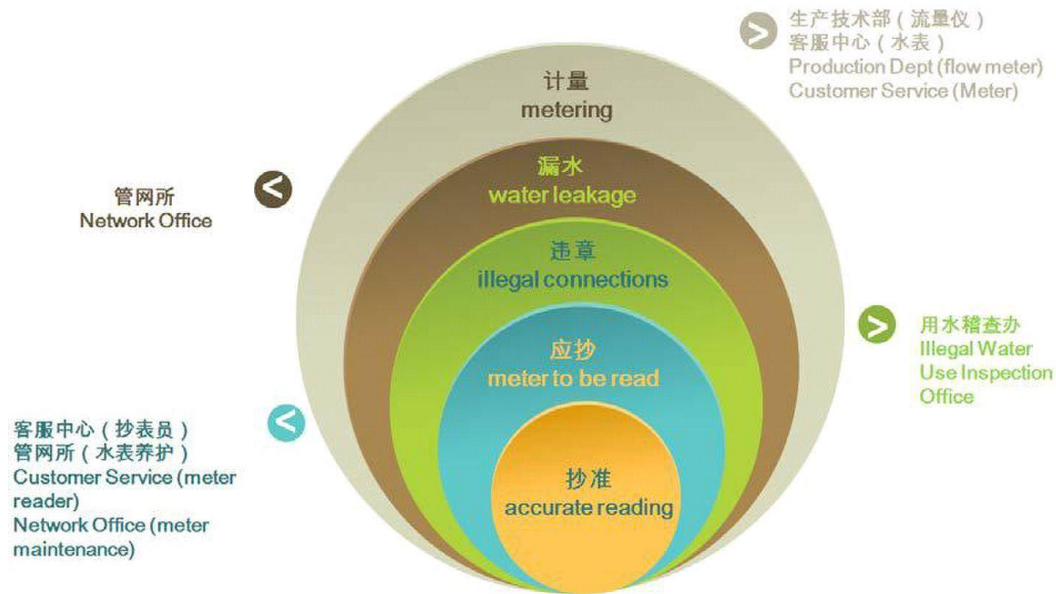


圖 4-62 上海浦東威立雅產銷差控制策略 [資料 5]

威立雅首先將整個供水轄區劃設為 34 個 DMA，也進行次分區的分割，共安裝了 364 個電磁流量計，各自進行計量後，得出部分 DMA 的 NRW%，詳圖 4-63 所示，帶有百分比的紫色數字就是 NRW%，紅色整數為 DMA 編號，藍色小數點為次分區編號，雖然還沒完全計量完畢，但由 10 個已經計量的次分區，已經可發現嚴重漏水的區域，集中在 27 號小區內，其中甚至有次分區的 NRW 高達 53.27%。

圖 4-63 上海浦東威立雅管網分區與無收入水量改善措施 [資料 5]

威立雅主要的漏損控制為進行主動漏水檢測與修復，並將探漏作業委外辦理，根據 2012 年的暗漏檢測成果，詳圖 4-64 所示，總共測出有效漏水點 808 處，高達 52%

屬於口徑小於 50mm 的用戶給水管破漏，隨口徑加大，探漏點逐漸遞減，金屬材質腐蝕案件比例甚高，佔全部探漏點的 68%。與臺北小口徑給水管漏水比重高達 95%、塑膠管漏水佔 82%，雙方管線漏水樣態稍微有些不同。

口徑	≤50	50 < Φ≤100	150	200	300	500	600	800	1400
數量	422	121	137	43	57	21	2	4	1
比例	52%	15%	17%	5.4%	7.1%	2.6%	0.2%	0.6%	0.1%

2012年外包探漏公司找到的有效漏水点在管材上的分布比例 (含明漏复听和暗漏)

管道类型	探漏点数据	比例
金属管	544	68%
其他管材	259	32%



圖 4-64 上海浦東威立雅 2012 年修漏統計數據 [資料 5]

由於浦東地區為長江與黃浦江的沖積平原，地下沉積層分布具有砂層與黏土層交互，因沉積年代不同，其各地區分層與透水狀況皆有所差異，因此某些區域管線漏水往下滲透，形成暗漏，不會湧出成為明漏，而某些區域下方可能具有黏土不透水層，而導致明漏比例較高。威立雅利用 GIS 將 2014 年明暗漏的修理位置進行佈設分析，以兩個比較極端的區域為例，詳圖 4-65 所示，紅色點為明漏，綠色為暗漏，可發現陸家嘴區域的暗漏點比例較高，而曹路地區則暗漏相對較少。因此威立雅依照這些滲漏特點，在暗漏比例較高的地區安排較多的檢測巡迴，期能發揮檢測最大功效，及早找出暗漏，減少漏損。威立雅因為當地的滲透特性，十分重視暗漏檢測，因此公司內部對於檢測團隊的期許：不但要儘可能提早檢出暗漏，也要檢出更多暗漏，更要檢出大型暗漏，對於已經檢出的暗漏必須更快修復。

圖 4-65 上海浦東威立雅明暗漏分布密度比對 [資料 5]

此外威立雅在探漏與修漏的技術上，更進行一系列的優化與改進，針對不同的現場條件與管材，利用多種技術輔助探漏，除了傳統聽音探漏，對於壓力偏低疑似漏水

區域甚至採用氫氣灌入法，藉由偵測氣體洩漏儀器，於氣體高濃度區域密集聽音，以提升檢測命中率。例如某處配水管疑似大量漏水，導致區域降壓，但因土壤滲透性佳，漏水直接滲入旁邊下水道，並未發生路面明漏事件，經氣體輔助探漏，迅速找到兩處鑄鐵管漏水並加以修復，詳圖 4-66，據威立雅估計，者兩處修復後每小時可以減漏 109 噸。對於修漏效率的提升，威立雅改進過去工班按日派遣修復的程序，配發每組工班一套 PDA 系統，以即時數據通知前往修復，提升管理調度效率，縮短通知至抵達修復的時間，並制定相應的流程規範，導入探漏合約，以引導外包修漏廠商進行更有效率的修漏作業。

圖 4-66 上海浦東威立雅暗漏修復照片 [資料 5]

為了降低浦東的平均修復時間，威立雅更滾動檢討每年修漏合約的啟動時程，避免修漏空窗期的發生。以 2013 年為例，當年暗漏修復自四月才開始作業，雖然到了年底全部修妥，但漏水是 24 小時不停歇的，這 4 個月的時間將額外損失更多水量，因此。到了 2014 年起，威立雅便由年初啟動漏水修理作業，填平修漏空窗期，以減少水量損失。經兩年的比較分析，詳圖 4-67，2013 年因有修漏空窗期，漏水由發現至修復的時間，即平均修復日期為 260.4 天，而平均修復間隔為 39.3 天。2014 年則因填平空窗期，平均修復日期減少到 183.8 天，平均修復間隔亦壓縮至 13.5 天。這樣的效率提升直接反映在暗漏水量上，2013 年平均暗漏水量為每小時 3373 噸，2014 年則減少至 2500 噸。兩者差距 873 噸，換算每年可減少總漏水量 764.7 萬噸。僅調整廠商合約啟動日期，就可獲取良好的成效，為修漏效率優化的聰明作法。

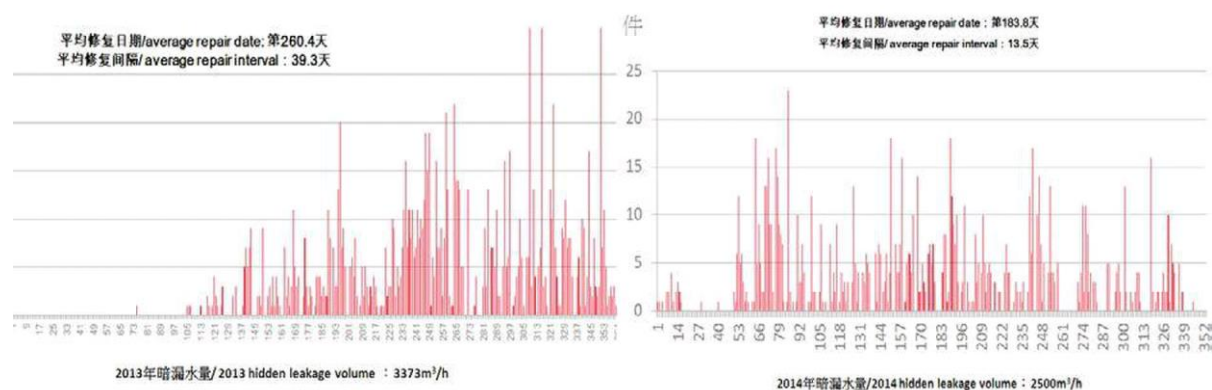


圖 4-67 上海浦東威立雅於 2014 年（右圖）提升修漏效率 [資料 5]

除了重視漏水檢修之外，威立雅也有一套管網資產管理分析的方式，找出不良老化的管線，進行汰換以降低漏水。主要利用 GIS 的管網基本資訊、歷年維修記錄、現地採樣等資料，浦東從 2010 年開始使用法國 VEOLIA 所開發的資產管理軟體 MOSARE，首先應用於該年於上海黃浦江畔舉辦的世界博覽會，用於會場內供水管網風險評估，之後每年對整個浦東的管網進行風險評估，不僅計算出每根管線的漏損概率，而且能夠對管道的未來風險進行評估。整個分析架構與流程詳圖 4-68 所示，MOSARE 經過規劃者定義管線的合理年限、容許的漏水次數等門檻目標值，就由計算引擎進行多標準分析，結合漏損概率後，便可列出優先汰換的等級，管網汰換規劃人員便可從中合理選擇應當改造的管段，MOSARE 分析工具使用上十分簡便，功能強大，其計算引擎優越，已經於多個國家驗證其效果。更可依照當地水公司財務狀況、管材優略程度，酌以修正汰換門檻。

圖 4-68 上海浦東威立雅資產分析軟體 MOSARE 模式 [資料 5]

以 MOSARE 分析 2012 年浦東管網體質的結果為例，可清晰瞭解管線損壞率及關鍵轄區的分佈，分析顯示 2012 年浦東管網最高損壞率的前 0.1%，總長約 4 公里。詳圖 4-69 左小圖所示，以紅色線段顯示，代表管線體質最糟，有必要優先汰換，威立雅從而可以做出當年或者隔年相應的措施，例如提前編列預算，進行工程設計。在 2012 年由軟體分析後所提出 14 條優先更新管線的建議中，威立雅對其中 7 條進行了改造，開挖後發現漏水的確很嚴重，驗證了模式預測與實際情況十分吻合，改造汰換後除了有效減少管網漏失、降低產銷差之外，更因此避免了 3 次爆管事故。隨後於 2013 年至 2014 年，更是以 MOSARE 的分析結果作為威立雅管網年度改造計畫之重要參考，共採納了 10 項分析建議。

嚴格來說，威立雅所使用的 MOSARE、香港的風險矩陣法、澳門的管汰演算模式、臺北的管網漏水潛能分析，都屬於間接風險評估法，評估結果甚難絕對正確，但由於

隱蔽於地下的管網狀況不易探知，因此自來水公司在選擇適當的管線進行汰換的當下，仍需輔以此類的分析工具，方能有所依循。



圖 4-69 上海浦東威立雅分析 2012 年浦東管網體質的結果 [資料 5]

威立雅為了延長管網改造後的使用壽命，使用與東京都水道局類似的方法，進行整個供水管網轄區內的管道土壤取樣檢測，分析樣本的腐蝕性、酸鹼度、電阻率，並據此繪製土壤特性地圖。詳圖 4-70 所示，本主題圖為土壤腐蝕性，顏色愈紅的區域代表土壤腐蝕性愈高，新設管線應採外層耐蝕材料或防蝕保護。各類主題圖可用於推斷管道使用壽命、推估管道未來可能狀態，並作為管線外防蝕措施的合理建議，以減少爾後管線維護成本。隨著數據庫不斷累積新的採樣結果，土壤特性地圖愈來愈有參考價值。



4-70 上海浦東威立雅管道土壤取樣檢測數據庫 [資料 5]

雖然威立雅於檢修漏的積極作為，找出許多暗漏，但由轄區極高的 NRW 來看，管網復漏肯定十分嚴重，即便每年持續修漏，隔年肯定又發生暗漏，甚難僅透過修漏手段降低 NRW。因此，唯有採取較大規模的管網改造，將漏水嚴重的管線予以更換，才能逐漸降低產銷差。尤其是幾個超高漏水率的小區，更應全面式的更換管線為宜。

伍、展示會資訊、技術及產品介紹

一、展示會簡介

本次展覽會共有 24 個參展攤位，包含日本水道協會、東京水道協會、中國水務企業聯合社、蘇伊士集團(SUEZ)等數十個單位，內容涵蓋水處理、廢水處理及回收、水體污染控制、廢棄物處理、漏水控制及管理、環境監控、節約用水等技術，提供水資源有效應運用的解決方案。茲將展覽會各廠商基本資料整理如下表 5-1 所示：

表 5-1 參展名冊

序號	公司名稱	中英名稱	簡介
TC01	agaoka International Corporation	日本長岡 (那荷歐科)	<ol style="list-style-type: none"> 為工程和諮詢提供取水公司，淨化和處理整體解決方案，以及石油化工工藝設備。 在水領域，該公司的地下水攝入的技術符合日本的標準；CHEMILES 提供地下水除去高濃度的鐵，錳，氨氮等。 新技術 HiSIS（高速海底下滲濾系統）會帶來高效率，成本節約型，環境友好型的過程中海水進水口。
TC02	ey Laboratory of Drinking Water Sciences and Technology, RCEES, CAS	中國科學院飲用水科學與技術重點實驗室	<ol style="list-style-type: none"> 對水源、水處理工藝和供水網絡的基礎和應用研究。 研究水質風險評估方法、水源水質複合污染過程與生態修復。 以風險控制為目標的水質淨化新原理、新方法。 飲用水輸配的化學/生物學過程與調控。
TC03	S&TP Pavilion	中國宜興環保科技工業園	<ol style="list-style-type: none"> 該公司發展環保產業。 展示宜興工業園環境科學與技術，概念、江蘇省的環保產業研究所及宜興市生態衛生製造有限公司等。
TC04	injiang Delan Co., Ltd.	新疆德藍	<ol style="list-style-type: none"> 為工業企業、工業園區、生態城市建設提供給水、循環水、廢水處理、廢水處理回用及零排放處理公司。 該公司的研究機構包括國家環境保護石油化工和煤化工廢水處理與資源工程中心。 該公司提供關於給水，PPP，BOT，環境設施運營服務，節約用水，廢水處理、回收及零排放基礎工業園區和城市建設的企業。
TC05	iangsu Jinshan Environmental Protection Project	江蘇金山環保工程集團有限公司	<ol style="list-style-type: none"> 是一家集環保技術研發，工程設計，環保設備製造，安裝，調試，環保和新材料的研發和生產，環保

序號	公司名稱	中英名稱	簡介
	Group		<p>工程專業承包經營在企業的大型水處理綜合性集團之一。</p> <p>2. 參與了乾淨的水，純淨水，循環污水處理和中水回用，污泥和廚房垃圾處理，空氣淨化，水景工程，電氣工程，自動化設備，企業壓力容器製造等九大系列。</p>
TC06	apan Pavilion	日本展館	日本及東京水道協會
TC07	Beijing Gwater Science & Technology Co., Ltd.	北京環球水務	<p>1. 提供水處理和水的安全集成解決方案。</p> <p>2. 基礎研究在環境監測，水處理劑，二次供水設備研發和製造。</p> <p>3. 業務部門包括：污泥處置，技術設計，工程建設，日常運營，維護等增值服務。</p>
T1	Xinxing Ductile Iron Pipes Co., Ltd.	新興鑄管有限責任公司	<p>1. 是離心球墨鑄鐵管是世界上最大的製造商，擁有從 DN80 生產線至 DN2600 毫米與應用各種防腐蝕塗料。</p> <p>2. 有兩種大口徑管道：6 米和 8.15 米</p>
T2	SUEZ Group	蘇伊士集團	提供水和廢棄物資源管理及處理服務。
C1	Desalination Branch of China Water Enterprises Confederation	中國水務企業聯合會	<p>1. 為海水淡化水利企業聯合會的分支機構，從事脫鹽和水處理行業，是一個非營利的事業單位組織。</p> <p>2. 該協會的目標為開發及推廣海水淡化及技術、水體污染控制、水淨化、污水處理等水科技。</p>
C2	The Malaysia Water Association	馬來西亞水協會	<p>1. 第 7 屆 IWA- ASPIRE 將在 2017 年 9 月 13 日吉隆坡會議中心從舉行，由馬來西亞水資源協會（MWA），亞太集團（ASPIRE）和國際水協會（IWA）共同舉辦。</p> <p>2. 會議主題是「打破邊界-為亞洲和太平洋地區發展一個好水未來」。重點將是對一系列與水有關的主題，包括：亞太地區當前的水發展和水管理問題、加強水務部門、克服及挑戰永續水資源管理。</p>
C3	CAS.WEE Eco-engineering Technology Co., Ltd.	中科嘉仡	<p>1. 以生態建設為主，通過綜合規劃和設計諮詢的高科技企業。</p> <p>2. 提供綜合的生態修復工程，針對生態產業工程和生態居住工程的全產業鏈服務、技術產品的發展和轉化、環境評估服務、信息網絡和融資投資領域，如生態恢復和煤碳礦</p>

序號	公司名稱	中英名稱	簡介
			區脆弱的生態系統，全面整治和生態恢復的有色金屬礦區，補救和風險控制產業在工業污染場地，河流，湖泊，濕地，生態企業，生態工業園區建設的生態修復的污染治理。
C4	Dongjiang Environmental Co., Ltd.	東江環保股份有限公司	以工業廢棄物處理為主，發展市政廢棄物處理、環境工程及服務等業務。
C5	The International Water Association	國際水協會	<ol style="list-style-type: none"> 1. 是水專業，涵蓋研究和實踐，並涵蓋了水循環的各個方面之間的連續性的全球參考點。 2. 是研究，實踐，監管，行業，諮詢和製造業成員和專家的網絡，國際水協會是一個比任何其他組織更好地幫助水專業創造創新，務實和可持續的解決方案，以挑戰性的全球需求。 3. IWA 的優勢在於其成員的專業和地域的多樣性 - 國家，企業和個人會員社區的一個全球性。其成員都在各自的領域和領導認為： <ul style="list-style-type: none"> ● 研究人員 - 在解決方案開始 ● 實用程序 - 管理全球水務 ● 顧問 - 連接問題的業主解決方案供應商 ● 行業 - 創造可持續的水處理解決方案 ● 穩壓器 - 保障公眾健康 ● 設備製造商 - 將理念融入產品 4. IWA 網絡的結構，在不同的會員群體，促進多層次的合作，並在全球範圍內分享水科學和管理知識。該協會有助於在正確的時間做出正確的連接，從而分享前沿的研究和實踐，使水務部門塑造其未來。
C6	Beijing Jingrun New Technology and Development Co., Ltd.	北京京潤	為技術研究，開發和工程建設污水處理和飲用水處理。
C7	Shenzhen ANSO Measurement & Control Instruments Co., Ltd.	深圳市拓安信自動化儀表公司	以發展電磁水表流量計為主的公司。
C8	AnHeng Group	安恒集團	發展智能精緻的水資源管理制度，專業的技術服務體系平台，設備供應，現場技術支持，系統集成項目，區域服務和水資源管理研究所網絡培訓水資源環境

序號	公司名稱	中英名稱	簡介
			服務領域。
C9	Singer Valve	新歌閥門	閥件專業公司
C10	Go Higher Environment Co., Ltd.	清大國華	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為專家、教授在清華大學與中國中科院的環保技術企業。憑藉強大的技術支持和創新團隊，持續在環保技術和市場應用的最前端。 2. 從事廢水處理、污水循環利用、水的淨化處理，提供水環境和水資源在整體解決方案中的專業服務。
C11	Major Program of Science & Technology for Water Pollution Control and Governance-Drinking water theme	對水體污染控制與飲用水治理在科學與技術的主要計劃	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供水污染控制，水淨化和水環境管理水平技術，增強國家的水環境保護和飲用水保障能力。 2. 該計劃階段性說明： <ul style="list-style-type: none"> ● 第 1 階段(2008-2020 年)：主要集中在技術開發，從水源保護，淨水，輸水，質量管理，材料和設備等。 ● 第 2 階段 2011- 2015 年)：32 項目出具了 605 萬元的總預算（中央政府）的飲用水主題。
C12	Guangxi Bossco Environmental Protection Technology Co., Ltd.	博世科	業務範圍包括污水處理和利用，二氧化氯紙及紙漿漂白和相關的化工，綜合利用固體廢物，大氣污染控制工程，處理重金屬污染和生態修復。
C13	Shandong Sanfeng Group Co., Ltd.	三丰集團	生產淨水器的龍頭企業。
C14	Jiangxi JDL Environmental Protection Co., Ltd.	金泰萊環保	專業污水處理和再利用。
C15	LiHe Technology (Hunan) Co., Ltd.	湖南力合	主要從事環境監測，工業自動化，環境安全等業務。

二、重要攤位介紹

(一) 日本水道協會：

日本水道協會（JWWA）舉辦「日本館」，如圖 5-1 所示。其聯合參展商有 3 個水及污水處理設施，5 家私營公司和 3 個水協會。展館分享日本供水最新技術及管理模式，充分展示注重穩定性及靈活性的可靠供水系統，並介紹完整的教育訓練系統。參觀者還可以享受他們的公關宣傳海報，宣傳視頻和演示程序。



圖 5-1 日本水道協會展示會館

(二) 安恒集團：

提供管網漏損控制解決方案，提供 DMA 分區計量、區域壓力調控、漏損噪音在線監測等主動漏損控制技術，如圖 5-2 所示，其管網漏損平台可與 SCADA、GIS、水錘預景等系統結合，其所選用之設備均為自行供電，無需另接市電供電，可降低工程難度及費用。

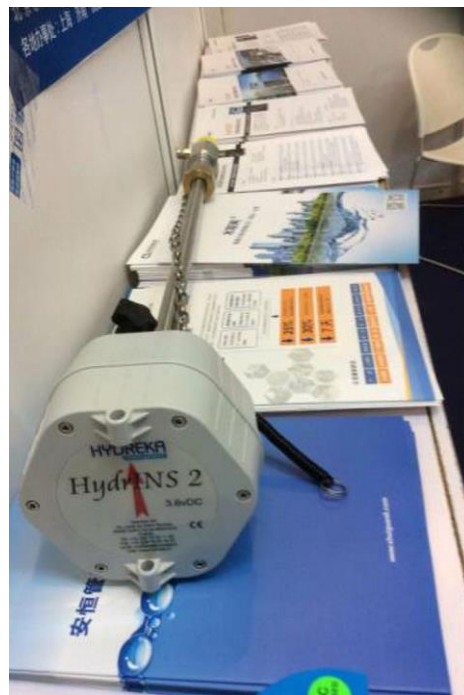


圖 5-2 安恒集團人員解說照片

(三) 新歌閥門公司(SINGER VALVE)：

製造各種特殊閥類，有減壓閥、洩壓閥、控制閥等，提供漏損控制、水壓管理及水力控制的解決方案，如圖 5-3 所示。

圖 5-3 新歌閥門公司人員解說照片

(四) 蘇伊士集團(SUEZ)：

提供多方位的水務服務，包含淨水處理、污水處理、廢棄物處理、海水淡化、污泥處理(脫水機設備)等技術，如圖 5-4 所示。

擁有超過 100 年的水和廢物資源管理經驗。每日提供 9,200 萬人飲用水及 6,500 萬污水處理服務。每年回收 1,400 萬噸廢棄物，生產 5,138 度 GWh 的局部和可再生能源。

圖 5-4 蘇伊士集團展示館

(五) 深圳市拓安信自動化儀表公司

該公司主要銷售流量計和服務，擁有電磁流量計行業內的核心技術和專利，開發流量轉換微型發電技術，並且具防塵，防靜電功能。

其中一項產品 MAG - AX 電磁水表，如圖 5-5 左圖所示，採用全不銹鋼傳感器，具有防水、防磁干擾、防腐蝕功能，確保水表在高污染、腐蝕環境使用，號稱設計使用壽命可達 20 年以上，長期使用成本遠遠低於普通水表。因此水處

的溫泉取供事業目前無法裝表計量，建議研發單位可參採在硫磺溫泉高溫、強酸的環境下實驗是否可行。



圖 5-5 MAG - AX 電磁水表及流量壓力遠傳型水表

該公司的流量壓力遠傳模式（GSM / GPRS）如圖 5-5 右圖所示，是設計用於水行業。在自來水業實施大用水戶、分區計量新裝表時，除做計量表外，並做供水管網動態信息點，可與 SCADA、GIS、水力模型等系統結合，所傳輸的數據可供抄表部門、調度中心、管網部門共享。

該公司發展 AX8000 系列大用戶計量及分區計量(DMA)區域漏控系統，如圖 5-6 所示。在大用水戶計量監測系統基礎上，運用區域裝表檢漏原理，綜合利用計算機、網絡、通訊、信息等技術，動態掌握管網區域漏失率的變化，及時查詢、發現管網爆管泄漏、抄表工作、用戶竊水、夜間小流量等問題，以達降低漏水率，提高經濟效益目標。



圖 5-6 AX8000 系列大用戶計量及分區計量(DMA)區域漏控系統

陸、技術參訪實錄

本次會議技術參訪，提供三項行程供各國代表選擇，行程如下：

- 1、郭公庄淨水廠（Guogongzhuang Waterworks）
- 2、清河再生水廠（Qinghe Water Reclamation Plant）
- 3、南水北調中線工程的團城湖明渠（South to North Water Diversion Project – Tuancheng Lake Adjusting Tank）

茲就團員因與業務有關，選擇參訪郭公庄淨水廠及南水北調中線工程的團城湖明渠，介紹如下章節。

一、南水北調緣由

(一) 背景說明

中國水資源降雨時空分布嚴重不均，地區差異較大，北方缺水由來已久，其中，北京的水資源量更遠遠低於國際公認的人均 1,000 立方公尺的缺水下限，屬於資源型極度缺水地區。而長江水資源豐富，年平均逕流量約為 9,600 億立方公尺，入海水量約占逕流量的 94% 以上。

(二) 水怎麼來

中國政府為緩解北方地區嚴重缺水的狀況，決定分東、中、西三線實施南水北調工程。三條線路願景規劃年均調水量 448 億立方公尺，占長江逕流量約 1/20。南水北調中線工程南起漢江丹江口水庫陶岔取水口，開挖明渠，經河南、河北，基本自流到北京，終點為北京團城湖，全長 1,276 公里。規畫分二期實施，一期工程年均調水 95 億立方公尺，2014 年汛後通水，二期工程年均調水量將達 130 億立方公尺。北京年均收水量占中線總調水量的近 1/10。

南水北調中線北京段工程，從房山北拒馬河進入北京，經房山區，穿永定河，過豐台，沿西四環路北至頤和園團城湖，全長 80 公里。除末端 800 米團城湖明渠外，主要採用涵管壓力輸水方式。一期工程通水後，北京年均可接收丹江口水庫來水 10.5 億立方公尺。

基於北京日趨嚴峻的用水緊缺形勢，中國國務院特批准提前建設南水北調中線京石段工程，利用河北省崗南、黃壁庄等四座水庫向北京市應急供水。工程於 2008 年 9 月正式通水，北京已累計收水近 16 億立方公尺，對保障中國首都供水安全起到了重要作用。

(三) 水怎麼用

為了保障南水北調來水“調得進，用得上”，北京市編制了南水北調配套工

程總體規劃，構建了兩大動脈、六大主力水庫、兩個樞紐、一條環路和三大應急水源地的供水格局(簡稱“26213”)，從而，北京市將形成本地地表水、地下水與南水北調來水“三水聯調”的保障體系，主要水庫實現雙水源供水。

南水北調來水主要用於城市生活和工業，將為中心城市和新城 20 座自來水庫(總規模 953 萬噸/日)提供水源，與北京市現有城市供水系統聯網後，供水範圍將達到 6,000 平方公里，基本覆蓋北京市平原地區，涉及除延慶以外的 15 個區縣，南水北調來水占城市生活、工業用水比例將達到 50% 以上，成為北京的主要水源。南水北調還將聯通北京五大水系，為密云等水庫、城市河湖和地下水源地補水，加強北京市作為中國首都水資源戰略備儲，改善生態環境。

(四) 保護與管理

為加強南水北調水質安全與管理，中國國務院印發了《丹江口庫區及上游水污染防治和水土保持“十二五”規劃》，進行源頭保水。南水北調總幹渠採用全封閉全立交，防止客水污染渠道，同時在渠道兩側設置水源保護區，避免發生污染事件，上述措施可以確保進京水質達到飲用水水源標準。同時，透過開展丹江口水庫、河北省四座水庫水質與城市供水系統的水質適應性研究，並改造北京市內供水管網、調整制水工藝等手段，可保證市民入戶水質。

中國在丹江口水庫和中線總幹渠建立了完整的水質監測系統，北京市也採用了實驗室監測、自動監測及應急移動監測相互結合的方式，對整體水質進行嚴格監控，模擬水質變化趨勢，進行水污染預警。同時，與國家南水北調，北京環保、水務、自來水等部門的水質監測系統相互對接，建立信息共享機制，建成全面覆蓋、快速反應的水質監測預警體系。

同時，築牢“入京、入城、入戶”三道防線，確保水質安全。

2011 年 2 月 10 日，北京市政府頒布實施了《北京市南水北調工程保護辦法》，為南水北調工程保護與管理提供了法律依據。

(五) 遠期規劃

中線一期工程通水後，北京市南水北調工程建設委員會持續推動配套工程建設，以確保千里水源發揮預期效益，同時，加強研究和推進後續規劃，建構多元外調水保障體系，增加北京市水資源戰略儲備，提升城市供水系統格局，促進首都態文明建設，為其身為首都世界城市建設和京津冀偕同發展提供堅實的水源保障。

二、北京市南水北調配套工程—郭公庄淨水廠

(一) 工程概況

為滿足北京快速發展的用水需求及全面提升北京城供水安全保障，南水北調配套工程—郭公庄淨水廠工程於 2012 年 4 月 20 日正式動工。該水廠以南水北調水為主要水源，分三期建設，一期工程投資 35 億元，直至 2014 年 9 月 30 日郭公庄水廠一期工程通水後，北京城區能夠處理南水北調原水的水廠增加到 5 座，供水壓力更穩定。同時新增每日供水能力 50 萬立方公尺，使城區總日供水能力達到 372 萬立方公尺。

郭公庄淨水廠一期工程包括引輸水工程、淨配水場工程及配套工程，佔地面積 17 萬平方公尺，是目前中國水處理工藝最先進的自來水廠，如圖 5-1 所示。按照規劃郭公庄淨水廠將建設二期及三期工程，使郭公庄淨水廠遠期每日供水能力達到 100 萬立方公尺。

圖 5-1 郭公庄淨水廠一期工程圖及參訪人員與陳副廠長合影

(二) 原水

南水北調中線工程從湖北丹江口水庫調水，經陶岔渠首閘，過長江流域與淮河流域，經黃淮海平原，穿過黃河，沿京廣鐵路西側北上到終點北京，全長 1,276 公里。郭公庄淨水廠位於南四環花鄉橋附近，以南水北調原水為主要水源，是北京城區最先接納「南水」的淨水廠，如圖 5-2 所示。



圖 5-2 郭公庄淨水廠工程總體規劃圖

(三) 工藝試驗

為保證南水北調原水進北京後首都供水安全，2011年5月北京市自來水集團建立南水北調丹江口水處理試驗基地。根據丹江口水庫原水水質變化情況研究並確定北京接納「南水」水廠的制水工藝；並對北京不同地區於供水管網進行適應性研究，如圖 5-3 所示。



圖 5-3 湖北丹江口水庫中試基地

2012年在第9水廠建立膜處理中試基地，為確保南水北調原水進京後安全供水，提供儲備技術，如圖 5-4 所示。



圖 5-4 第 9 水廠建立膜處理中試基地

(四) 水處理工藝

郭公庄淨水廠採用了預加氯、預臭氧和預投加粉末活性炭等多道前置處理工藝，以應對原水水質發生的變化。

創新性採用活性炭和石英砂疊加式一體化淨水處理工藝，不僅提高了水處理效率，確保出廠水水質安全優質，而且節省佔地面積，節約投資成本，達到技術性與經濟性的最佳組合。

該水廠運用的紫外線消毒工藝，在中國規模最大。各工藝單元可互補、可跨越，形成了多屏障水質保障體系，如圖 5-5 所示，可有效處理濁度、有機物、微生物、藻類、色嗅味等各類水質問題。

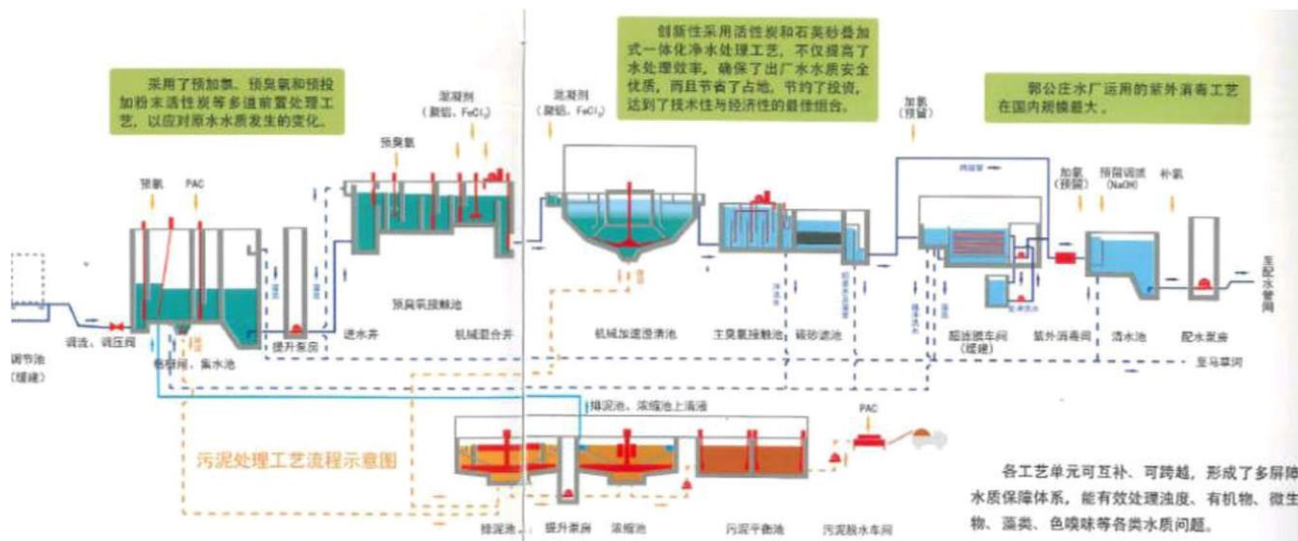


圖 5-5 水處理流程圖

(五) 工程建設

1. 郭公庄水廠工程新建輸水管線 4.6 公里，如圖 5-6 所示，將原水從北京南水北調南干渠郭公庄分水口輸送至水廠。

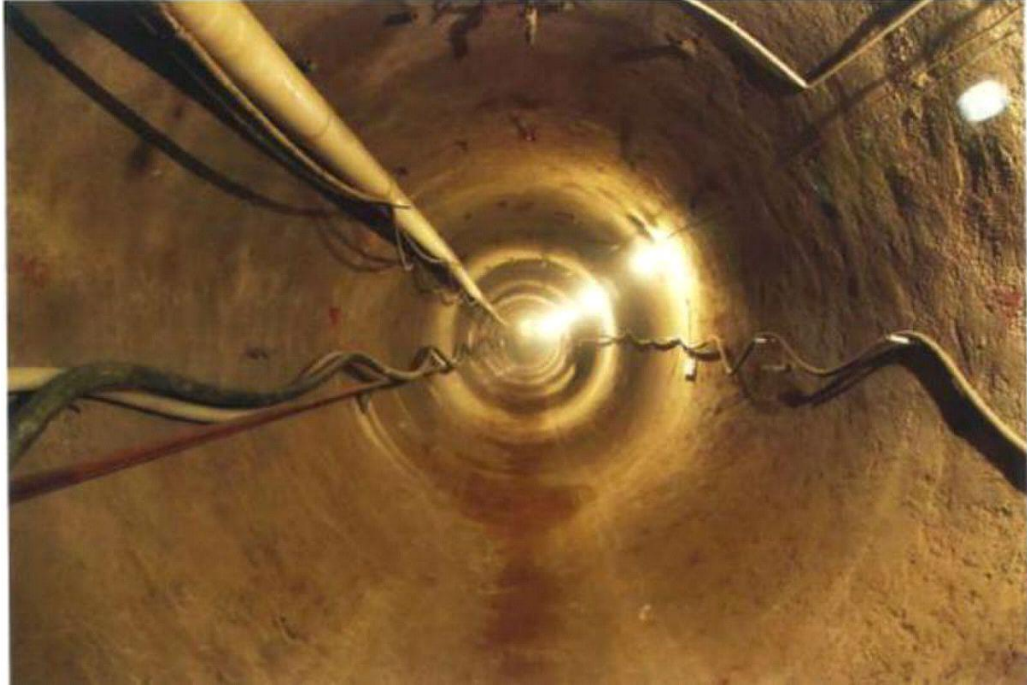


圖 5-6 給水管線內景(暗挖)

2. 澄清池：

澄清池是自來水一般處理的重要設施，主要去除水中的懸浮顆粒物，如圖 5-7 所示。郭公庄水庫共有 12 個澄清池，每 6 個為一系列，每個澄清池直徑為 29 米、深 8 米，池體容積 2,979 立方米。



圖 5-7 機械加速澄清池廠間內景

3. 碳砂濾池：

碳砂濾池是自來水深度處理的主要環節，主要作用是進一步吸附和過濾水中的有機物和難以沉澱的染質，去除水中的色、嗅、味，確保「南水」調出「北京味兒」。

郭公庄水庫計有 24 組碳砂濾池，每 12 組為一個系列，每組碳砂濾池長 14 米、寬 8 米、高約 6 米，濾板上鋪有 1.2 米厚的石英砂和 0.6 米厚的活性炭，計使用 8,000 噸石英砂和 720 噸活性炭，如圖 5-8 所示。

圖 5-8 碳砂濾池廠間內景

4. 水庫設有預臭氧及主臭氧兩道深度水處理，運用紫外線消毒，屬中國規模最大，進一步確保北京城的供水安全無虞，如圖 5-9 所示。



圖 5-9 臭氧設備間與紫外線消毒廠間內景

5. 清水池主要用於儲存生產合格合的自來水，郭公庄水庫有清水池 4 座，每座容積 3.25 萬立方米，總容積 13 萬立方米，如圖 5-10 所示。



圖 5-10 施工中的清水池

6. 供電系統為確保水庫正常生產運行的前提，郭公庄水庫共有 10KV 電站 1 座及 10KV 變電室 3 座，如圖 5-11 所示。



圖 5-11 配水泵房變配電室

7. 中控室：

中控室是確保水庫供水安全的調度指揮控制中心，如圖 5-12 所示，郭公庄水庫中控室整合了全水庫自動控制系統，設有大屏幕和工業電視監控系統，可適時調度、操作監控水庫的工藝運行及水質變化。



圖 5-12 中心控制室

(六) 防塵衣及拋棄式防塵鞋套

本次在進入參訪時，郭公庄淨水廠要求參訪人員穿著防塵衣及拋棄式防塵鞋套，如圖 5-13 所示，除了保護人體安全與衛生，並且防止粉塵、灰砂或其他粒狀物質污染淨水廠區，而且拋棄式防塵鞋套採自動化穿戴，只要將腳連同鞋子放入

機器中，機器就會將防塵鞋套包裹鞋子，防止鞋子上的灰砂污染淨水廠區的水及設備，可看的出來該廠區對水質的重視與用心，就如同淨水廠廠區的標語「供水安全重如泰山」，值得我們學習。



圖 5-13 防塵衣及拋棄式防塵鞋套

三、南水北調-參訪中線工程的團城湖明渠

南水北調包含東線工程、中線工程及西線工程，茲說明如下：

- (一) 東線工程主要是利用現有的京杭運河的河道及周圍的湖泊，用閘控制。從長江下游抽引長江水，沿線建設的 13 級泵站，逐級提水北送，於山東境內分兩路供水。一路越過黃河後，向黃淮海平原東部供水，自流到最終抵達天津；另一路向東供應青島、煙臺。東線輸水主幹線長 1150 公里，東線於 2013 年 12 月 8 日正式通水。
- (二) 中線工程於 2003 年 12 月 31 日開工建設。該工程是從位於長江支流漢江上游的丹江口水庫引水，跨越長江、淮河、黃河、海河四大流域，建設專用的立交供水渠道，採用自流方式，沿途供水，最終抵達北京和天津。中線調水工程總長 1276 公里南水北調中線工程年調水平均數為 95 億立方米，2014 年 12 月 12 日正式通水。
- (三) 西線工程的目標是從長江上游引水入黃河，以解決中國西北地區和華北部分地區乾旱缺水問題。該線工程地處青藏高原，海拔高，地質的構造複雜，地震烈度大，且要修建 200 米左右的高壩和長達 100 公里以上的隧洞，工程技術複雜，耗資巨大，現仍處於可行性研究的過程中。
- (四) 本次參訪中線工程的團城湖明渠圖 5-14~圖 5-22 所示，渠道全長 885 公尺，是北

京段唯一的一段明渠，基礎設施完善、風景幽美、綠化成功，有效解決北京缺水現況，南水北調是中國首次採用 4m 超大口徑 PCCP 管輸水技術，也是首例大口徑壓力輸水管路近距離安全穿越營運的地鐵車站。南水北調工程耗時久、耗資巨大，完工後充分利用長江水量豐富，每年有大量的水流入大海，調一部分到北方缺水地區可解決北方的缺水問題，南水北調中線工程以解決沿線 100 多個城市生活和工業用水為主要供水對象，兼顧農業及其它用水，建成以後經濟效益和社會效益巨大。



圖 5-14 參觀團城湖管理處



圖 5-15 南水北調工程解說



圖 5-16 管材施工模型展示說明



圖 5-17 南水北調工程示意圖



圖 5-18 南水北調 4M 直徑 PCCP 管材展示



圖 5-19 南水北調紀念石碑



圖 5-20 團城湖明渠段



圖 5-21 團城湖明渠轉暗渠段



圖 5-22 南水北調中線工程圖

四、臺北自來水事業處向北京自來水集團提問議題集

(一) 漏損控制

- 1、北京的水量平衡表是採用 Top down 或者是 Bottom up 的計算方式？（注：Top down 計算法是由總供水量扣除售水量、未計費水量…最後得到漏水量，Bottom up 計算法則反向計算，先估算漏水量、表觀漏損..等，最後再由總供水量扣除前述估算量後，得到售水量）

答：北京的水量平衡表採用 Top down 計算法，但與國際水協推薦的標準水量平衡表和計算方法稍有不同，主要體現在將表觀漏損分解為計量損失和其他損失兩大類，根據統計資料和實驗計算出真實漏失（漏水量）和計量損失後，最後剩餘部分為其他損失。

- 2、北京的管網改造工程，自 2003~2011 共投資將近 7 億元人民幣，改造了將近兩成的管網長度，約 1,500 公里，改造的力度與規模都很龐大，請問使用的管線材質（包含幹管與用戶管）為何？汰換的準則與優先順序（管線年齡大、明漏頻率高、或口徑不適當…等）為何？

答：

- 管網改造工程主要更換球墨鑄鐵管，並使用非開挖技術內襯 PE 管和薄壁不銹鋼等方式，對配水管網主、次幹線（DN200 以上）進行消除結構性隱患改造。採用內塗膜防銹方式對配水管網支戶線（DN200 及以下）實施功能性改造（防止二次污染）或結構性改造。
 - 為了提高管網抗水質風險能力，應對南水北調水源啟用後的水質變化，2014 年以前的主要改造原則包括：優先對易引發供水管網二次污染問題的管線進行改造，優先對主要地區道路區域內的管線進行改造，優先對存在安全隱患（爆管）的管線進行改造，優先對使用年限在 50 年以上的老舊管線進行改造，優先對預應力混凝土管進行改造。
 - 南水北調水源正式啟用後，即 2014 年以後，集團逐步將管網改造重點由側重實施功能性改造（防止管網二次污染），向消除結構性隱患管線轉移，特別是 DN200 及以下管線，重點解決爆管事故和控制漏失水準。
- 3、北京曾于管網佈設許多 Noise logger 監聽管網漏水音，請問是否用來作為暗漏檢測的前導調查？或者是永久設置，作為預警控制監視點之用？可否具體描述 Noise logger 與 SCADA、GIS 的聯合應用方法，以及成效。

答：北京的 Noise logger 的應用模式包括國定監測和流動監測兩種方式，固定

監測應用於重點地區、重點管線的長期監測，流動監測用於對市區配水管網分區域開展漏點探測。目前逐步轉向以固定監測為主。所有 noise logger 的佈設、資料獲取、排查等工作均依託基於 GIS 的漏失監測預警系統開展。配合人工查漏等手段，近年管網破損事故持續以 15% 的比率下降。在歷次重要活動期間，系統發揮了突出作用，多次排除管網隱患，為相關區域管網的安全、穩定運行提供了保障。

4、臺北管網的漏損案件中，約 95% 發生在口徑 50mm 以下的用戶給水管，其中約 80% 為塑膠類材質的龜裂漏水所致，請問北京的管線漏損分類為何？

答：自 2008 年以來，北京市自來水管網的管線破損點已錄入北京市供水管網破損檔案執行資訊系統。以 2014 年管線破損情況為例，按照漏種、管線功能、材質、破損原因進行分類具體如下：

- 按漏種分類：自然破損（明漏）占比 34%，主動檢測出管網破損（暗漏）占比 66%。
- 按管線功能分類：配水幹線（DN800-DN220）占比 0.1%，配水次幹線（DN200-DN600）占比 6.7%，配水支線（DN75-DN150）占比 16.1%，配水戶線（DN15-DN50）占比 77.1%。
- 按材質分類：鍍鋅管占比 77%，普通鑄鐵管占比 18%，鋼塑複合管、預應力混凝土管、鋼管等總和占比 5%。
- 按破損原因分類：腐蝕占比 78%，基礎不均勻沉降占比 22%。

5、北京的管網宏觀壓力調控成效良好，於用水尖離峰搭配不同供水壓力的方式，調整泵站出壓，由 2011 年的資料顯示每降低 1 米水壓，每日減少 4 萬立方米、節電 1 萬度。請問是以定速泵的啟閉，或者透過管網遠端水壓回授以變頻調速的方式控制出壓？

答：北京市區供水管網實施“整體降壓、分區調度、區域控壓、社區控壓”的分級分區壓力調控措施，對於整體減壓和分區調度而言，供水運行調度中心通過即時壓力監測點數據，動態調整水廠定速泵的開停和變速泵的運行工況。

6、延續上一題，重力流供應的區域，是否也採用減壓閥進行壓力調控？減壓閥是以傳統固定設定值型的嚮導閥，或者是配製具有智慧控制型嚮導閥？

答：北京市區配水管網均採用水泵供水（壓力流），對於壓力較高的管網區域，如用水量在 10 萬立方米以上、相對獨立的供水區域和 DMA 社區，分別

安裝減壓閥進行壓力控制，控制方式以固定出口壓力的方式為主，少數 DMA 社區基於流量進行壓力調控。

- 7、北京推動一戶一表政策已有許多年，轄區用戶數超過 280 萬，十分龐大，請問目前水錶數量總共有多少？其中樓門表與後方的分戶表各有多少？水錶的使用年限為幾年？主要的水錶類型為何？

答：目前北京市區水錶數量共約 368 萬支，其中樓門表 12 萬支，居民分戶表 348 萬支，非居民用戶約 8 萬支。DN15mm 至 DN25mm 口徑的水錶使用年限為 6 年，DN40mm 及以上口徑的水錶使用年限為 4 年。主要的水錶類型包括普通機械水錶（B 級）、居民用戶遠傳水錶、大用戶高精度水錶、流量計（電子水錶）。

- 8、臺北的表觀漏損（Apparent Loss）的成分無法確切得知，採用推估值，竊水以 1%計、水錶誤差以 3 種方式推算得到區間介於 5.3%~8.5%之間，以 7.8%計，請問北京表觀損漏的各項成分如何推算的？

答：將表觀漏損分為計量損失和其他損失。計算損失包括居民用戶總分表差和非居民使用者表具誤差，根據不同精度表具的串聯實驗資料推算，真實漏失通過漏點統計資料和背景漏失實驗資料計算。漏損數量減去真實漏失和計量損失後得到其他損失。

(二) 水質與淨水處理

- 1、臺北因抽取地下水將導致盆地地層下陷，故水源 100%為地表水，由河川與水庫供應，請問北京的主要水源有幾處？使用地表水、地下水的比例為何？是否有劃定水源保護區？水源維護措施有那些？

答：北京的主要地表水源為密雲水庫和南水北調水源。使用地表水比例約為 70%，地下水約為 30%，水源均根據由《中華人民共和國水法》和《中華人民共和國水污染防治法》的相關規定進行保護，如：省級以上人民政府依法劃定生活飲用水地表水源保護區。生活飲用水地表水源保護區分為一級保護區和其他等級保護區等。目前北京市的本地水源地保護由水務局負責管理。

- 2、臺北的水源因設有保護區，污染狀況輕微，僅需傳統的混凝、沉澱及過濾處理即可，目前淨水處理最大的挑戰為颱風暴雨來襲引發的高濁度問題，請問北京面對高濁度原水如何因應(例如:濁度超過多少即停止取水、淨水設備最大處理能力多少、停水後複水作業注意事項、規定原水濁度超過多少度即可

直接排放至河川等)？水廠于淨水過程所面對的最大挑戰為何？是否需採用深度處理？

答：北京的原水一般情況下濁度不高，個別時期濁度偏高時可通過提高混凝劑投加量、強化混凝來保證出廠水水質。淨水設備最大處理能力目前約為 370 萬立方米/天。水廠淨水過程面臨的最大挑戰水源切換對水廠工藝的穩定運行及管網水質安全的考驗，如：目前出現的季節性含藻量偏高等。各地表水廠均採用深度處理工藝，並均設有預氧化及投加粉末活性炭的裝置。

柒、城市印象

北京是一座有三千多年歷史、八百五十多年的建都史的文化名城，歷史上共有五個皇朝曾在此定都，是世界歷史文化名城和中國四大古都之一。早在 70 萬年前，北京周口店地區就出現原始人群落「北京人」，北京最初見於記載的名字為「薊」。

全球極少數城市像北京長期為國家的政治和文化中心。「不列顛百科全書」將北京形容為全球最偉大的城市之一，而且斷言這座城市是中國歷史上最重要的組成部分。在中國以往八個世紀裡，不論歷史是否悠久，幾乎北京所有主要建築都擁有不可磨滅的民族和歷史意義。故宮、天壇、頤和園、圓明園、北大及清華大學等古跡為這座城市添加了更絢麗的色彩。

今日的北京，更已發展成為一座現代化的國大都市，金融街早已是中國名副其實的金融管理中心；北京商務中心區更是北京對外開放和經濟實力的象徵。此外，中國國家大劇院、北京首都國際機場 3 號航站、中央電視台總部大樓、鳥巢及水立方等建築也成了新北京的現代符號。游走在北京的胡同小巷之間，各色人種我們都可以看到，北京正以它古老又時尚的全新面貌展現全世界。

一、 歷史古都的城市

(一) 南鑼鼓巷、烟袋斜街

南鑼鼓巷已有 700 多年的歷史，始建於元代。許多中國名人都曾居於此，如吳三桂、陳圓圓、孫中山及蔣介石等。

煙袋斜街是北京城最老的斜街。因住北城一帶的旗人大都有抽煙的嗜好，這裡因此開起了一家家的煙袋鋪，而有了煙袋斜街的稱呼。另一說法是，煙袋斜街本身就像一只煙袋，東口像是煙袋嘴，三百米長的街道像煙袋桿，西口通往銀錠橋，看上去像是煙袋鍋。

南鑼鼓巷同樣是古街胡同，但現代化發展後，感覺跟煙袋斜街還是有明顯的不同，如圖 7-1 所示。南鑼鼓巷則是加入了許多時下流行的商店，還包括了許多酒吧及飲食小吃店，熱鬧烘烘，人潮聚集，多是年輕人為主，很難駐足停留仔細看看許多老北京建築特色，倒像了台灣一些被人潮灌爆的老街，成了吃喝玩樂一條街了！煙袋斜街雖然也有許多商家進駐，但多以文創商店為主，還能保有些古樸文化的氣質。



圖 7-1 烟袋斜街

(二) 后海及胡同

后海酒吧街位於北京市中軸線附近，如圖 7-2 所示，是北京著名的酒吧聚集地，是什剎海的三分之一處，另外還有前海和西海；後海酒吧街興起於西元 2003 年左右，漸漸地聚席許多酒吧等西方文化，在原本瀟灑古老中國風情的什剎海地區帶點頗具特色的西方文化，在後海的岸邊擁有許多仿中國傳統建築的酒吧，紅燈籠和水面的輝映下顯得更加迷人，2005 年後海酒吧街訂名為什剎海茶藝酒吧街，不僅被評為北京市特色商業街區，也是來到北京旅遊不可不去的特色旅遊景點。



圖 7-2 后海

(三) 天安門、紫京城

位於北京市中心，前通天安門，後倚景山，東近王府井街市，西臨中南海。舊稱紫禁城，曾經是明清兩代的皇宮。明代第三位皇帝朱棣在奪取帝位後，決定遷都北京，即開始營造這座宮殿，至明永樂十八年（1420 年）落成如，如圖 7-3 所示。

1911年，辛亥革命推翻了中國最後的封建帝制--清王朝，1924年遜帝溥儀被逐出宮禁。在這前後五百余年中，共有24位皇帝曾在這裏生活居住和對全國實行統治。

1961年，經國務院批准，故宮被定為全國第一批重點文物保護單位。1987年，故宮被聯合國教科文組織列入「世界文化遺產」名錄。

紫禁城，四面環有高10m的城牆和寬52m的護城河。城南北長961m，東西寬753m，占地面積達720,000 m²。城牆四面各設城門一座，其中南面的午門和北面的神武門現專供參觀者遊覽出入。城內宮殿建築布局沿中軸線向東西兩側展開。紅牆黃瓦，畫棟雕梁，金碧輝煌。殿宇樓台，高低錯落，壯觀雄偉。朝暉夕曠中，仿若人間仙境。城之南半部以太和、中和、保和三大殿為中心，兩側輔以文華、武英兩殿，是皇帝舉行朝會的地方，稱為「前朝」。北半部則以乾清、交泰、坤甯三宮及東西六宮和禦花園為中心，其外東側有奉先、皇極等殿，西側有養心殿、雨花閣、慈甯宮等，是皇帝和後妃們居住、舉行祭祀和宗教活動以及處理日常政務的地方，稱為「後寢」。前後兩部分宮殿建築總面積達163,000 m²。整組宮殿建築布局謹嚴，秩序井然，寸磚片瓦皆遵循著封建等級禮制，映現出帝王至高無上的權威。在封建帝制時代，普通的人民群眾是不能也不敢靠近它一步的。午門是紫禁城的正門，非常雄偉，城樓上的正殿，面廓九間，深五間，正映「九五之尊」。正殿與四個角的方亭，宛如五座山峰，錯落有致，所以又叫“五鳳樓”。



圖 7-3 天安門、紫京城

(四) 頤和園

頤和園是清代的皇家花園和行宮，前身清漪園，頤和園是三山五園中最後興建的一座園林，始建於 1750 年，1764 年建成，面積 290 公頃（4400 畝），水面約占四分之三，如圖 7-4 所示。

乾隆繼位以前，在北京西郊一帶，已建起了四座大型皇家園林，從海澱到香山這四座園林自成體系，相互間缺乏有機的聯系，中間的“甕山泊”成了一片空曠地帶，乾隆決定在甕山一帶動用巨額銀兩興建清漪園，以此為中心把兩邊的四個園子連成一體，形成了從現清華園到香山長達二十公裏的皇家園林區。



圖 7-4 頤和園

二、北京大學

北京大學創辦於 1898 年，初名京師大學堂，是中國第一所國立綜合性大學，也是當時中國最高教育行政機關，如圖 7-5 所示。辛亥革命後，於 1912 年改為現名。作為新文化運動的中心和“五四”運動的策源地，作為中國最早傳播馬克思主義和民主科學思想的發祥地。

1917 年，著名教育家蔡元培出任北京大學校長，他「循思想自由原則，取相容並包主義」，對北京大學進行了卓有成效的改革，促進了思想解放和學術繁榮。陳獨秀、李大釗、毛澤東以及魯迅、胡適等一批傑出人才都曾在北京大學任職或任教。

1937 年盧溝橋事變後，北京大學與清華大學、南開大學南遷長沙，共同組成長沙臨時大學。不久，臨時大學又遷到昆明，改稱國立西南聯合大學。抗日戰爭勝利後，北京大學於 1946 年 10 月在北平復學。



圖 7-5 北京大學

三、清華大學

清華大學淵源自清末的「清華學堂」，可分為北京清華（1911-1937；1946-1948）、西南聯大（1937-1946）、新竹清華（1956-）等三個時期。

1908 年（光緒三十四年），在清末駐美公使梁誠的努力之下，美國同意退回庚子賠款的溢收款項。清廷遂利用此預算，在 1909 年（宣統元年）成立了「遊美學務處」及附設「肄業館」。1911 年（宣統三年），遊美學務處決定擴大肄業館的規模職掌，因館址位於清華園，而將之更名為「清華學堂」並開始招生，於 1911 年 4 月 29 日（宣統三年四月初一日）正式開學，是為清華校慶日之由來，如圖 7-6 所示。

1912 年（民國元年）5 月 1 日，清華學堂重新開課，10 月更名為「清華學校」。1914 年，梁啟超先生來校演講，以「君子」為題。其引述易經中之「天行健，君子以自強不息」及「地勢坤，君子以厚德載物」勉勵同學，學校遂將「自強不息、厚德載物」採為校訓。



圖 7-6 清華大學

四、798 藝術園區

位於北京朝陽區大山子地區，是原國營 798 廠等電子工業的廠區所在地，如圖 7-7

所示。自 2002 年開始，大量藝術家工作室和當代藝術機構開始進駐這裏，成規模地租用和改造閑置廠房，使這裏逐漸發展成爲畫廊、藝術中心、藝術家工作室、設計公司、時尚店鋪、餐飲酒吧等各種空間的聚集區，使這一區域在短短的兩年時間裏成爲國內最大、最具國際影響力的藝術區。

「798 藝術區」在對原有曆史文化遺留進行保護的前提下，將原有的工業廠房重新定義、設計和改造，對建築和生活方式進行了全新詮釋。在這裏，當代藝術、建築空間、文化產業與曆史文脈及城市生活環境的有機結合，使「798」演化成爲一個極具活力的中國當代文化與生活的嶄新模式，對各類專業人士及普通公衆產生了前所未有的強大吸引力，並在城市文化和生存空間的觀念方面產生了前瞻性影響。

圖 7-7 798 藝術園區

五、 鳥巢及奧林匹克公園

國家體育館—「鳥巢」外景，如圖 7-8 所示，國家體育館位於北京奧林匹克公園中心區內，規劃建設用地 20.4 萬平方米，建築面積 25.8 萬平方米，建成後可容納觀衆 9.1 萬人。國家體育場設計方案，即「鳥巢」，由一系列鋼桁架圍繞碗狀坐席區編制而成，空間結構新穎，建築和結構渾然一體，獨特、美觀，具有很強的震撼力和視覺衝擊力。國家體育場將承擔 2008 年第 29 屆奧運會開幕式、閉幕式、田徑比賽、男子足球決賽等重要奧運賽事活動；賽後將成爲北京市民廣泛參與體育活動及享受體育娛樂的大型專業場所，並成爲全國具有標志性的體育建築。



圖 7-8 鳥巢及奧林匹克公園

捌、結論與建議

一、 專題演講（Plenary Speech）

- (一) 講述水資源品質管理，強調水源管理制度、工程運作的重要性及藉水環境保護法律、規範的修正來改進水環境品質，使水資源達高度有效的利用。提醒我們化學合成製品對現今人類與自然環境的危害，整個的危害已經遍佈全球水棲環境。而面臨現今生態文明建設的需求與環境變化的新挑戰，未來生態環境科技發展將重點關注於氣候變化、生態系統、環境汙染、加強化學品管理和風險控制。
- (二) 未來淨水場必朝低耗能需求，使用太陽能獨立且清潔的能源，原水中的物質(material)應盡量予以回收再利用，如利用電化學回收金屬離子或太陽能光催化等反應，減少水中有毒物質或回收具經濟性的物質，並且回收污染物可能生成的能源(如 methane)等，進而達到零排放(Zero discharge)目標。
- (三) 其中大陸因水資源分配失調，為避免興建輸配水管對環境之影響，以海綿之概念，收集雨水，於枯水期間可彌補水源之不足。這與我國受氣候變遷影響，旱澇分明的頻率愈來愈密集，為加強再生水利用，如開闢集水設施，讓台灣成為「海綿」，颱風季節可吸收過多雨水，旱季再吐出來使用的解決之道是相同的。

二、 漏損控制論壇（Water Loss Workshop）

- (一) 相較於北京明確的目標與規劃，而且對各細項預定進程皆有所描述，臺北僅設定一項主要目標：2025 年，漏水率控制至 10% 以下。臺北並未明確規範其他執行細節與步驟，而是將漏控 20 年計畫分割為 4 個階段，每個階段視狀況訂定執行方案，推動上較具彈性。但也因此許多技術的研發沒有主軸，往往視高層想法隨機調整，較缺乏組織性，也沒有如北京與中科院這類的長期合作的科研工作。臺北多半由員工自行發想，每年的提案數量雖多，但缺少系統性的深入研究。
- (二) 臺北實施漏水控制的一張成績單，就是漏水率下降，中程計畫實施三年間，由於屬於 Pilot Project，運用的手法與技術仍未臻成熟，甚至某一年的漏水率還稍微惡化，但臺北於長程計畫推動後，逐漸累積經驗，吸收他國水公司的技術與方法，內化為本土解決方案，漏水率便逐年往下降低。長程計畫執行迄今，累計降低 10.28% 的漏水率。也因為管網漏水減緩，水資源的運用更為餘裕。以大停水的 2002 年與 2014 年相比，這兩年降雨量同樣偏少，但由於 2014 年漏水率大幅下降了 11.74%，所以可運用的水無形中變多了，不但可加水庫調蓄能力，更有餘力支援板新地區的用水，如同增加半座的翡翠水庫，

即便 2014 年底至 2015 年初整個西部走廊枯旱，大規模停灌休耕，但因為漏水控制得宜，使得整個大臺北地區都沒有缺水的問題。

- (三) 相較於澳門，臺北也使用類似包絡線的概念，對於小型社區的泵站出流量、或者配水池流入管網的水量，將過去歷史流量紀錄以機率原理繪製 95% 合理區間，如果實際流量超出合理區間，則可能發生異常事件。此外對於大用戶 AMR 的建置，臺北也有類似的計畫正在執行中，主要目的也與澳門相仿，更增加了用水模式與水表衰退分析，並按照臺北在地需求而客製分析軟體，並非採用套裝軟體。
 - (四) 臺北 SCADA 已經建置超過 15 年，但主要的系統調度、異常發覺與排除，都是仰賴具有經驗的資深操作員，系統軟體的主要功能僅是監看管網訊息，並提供遠端操控能力。但對於龐雜的管網系統，如不經過深層的數據挖掘，很難釐清最適操作模式為何，更不易徹底均化系統水壓、減少泵站耗能、提升能源效率。雖然近年來，已陸續有同仁開始對過去所累積的海量數據庫進行挖掘爬梳，但仍只是初探，不易優化整體系統。因此，香港智管網推動歷程值得臺北借鑑。
 - (五) 上海浦東威立雅於檢修漏的積極作為，找出許多暗漏，但由轄區極高的 NRW 來看，管網復漏肯定十分嚴重，即便每年持續修漏，隔年肯定又發生暗漏，甚難僅透過修漏手段降低 NRW。因此，唯有採取較大規模的管網改造，將漏水嚴重的管線予以更換，才能逐漸降低產銷差。尤其是幾個超高漏水率的小區，更應全面式的更換管線為宜。
- 三、 漏損控制論壇主要討論北京、台北、澳門、香港及上海水公司產銷的組成情況及其控制、爆管能否預測、IT 信息如何在漏損管理中充分應用等，受到日本及其他國家代表重視及興趣，惟全程以華語發表並以中文簡報呈現，更無提供英文相關資料，使與會外籍代表無法理解研討內容，以致於回國後還要寫信索取英文簡報，這是日後承接主辦單位應要注意改善事項。
- 四、 會場中安信電磁水表，採用全不銹鋼傳感器，具有防水、防磁干擾、防腐蝕功能，確保水表在高污染、腐蝕環境使用，號稱設計使用壽命可達 20 年以上，建議北水處的溫泉取供事業單位，參採在硫磺溫泉高溫、強酸的環境下實驗，評估是否可於硫磺溫泉下裝表計量。
- 五、 南水北調自來水相關課題探討
- (一) 隨著“南水北調”東線與中線工程逐步發揮作用，尤其中線工程以解決沿線 100 多個城市生活和工業用水為主要供水對象，兼顧農業及其它用水，建設完成以後已產生的經濟效益和社會效益巨大。當然過程中涉及諸多課題，諸如：大量的遷移居民與社會問題、淹沒一些文明古蹟、影響長江等河道的航

運、長江口的鹹潮加深，更有可能引發生態危機。

- (二) 在自來水影響課題方面，雖然水量將因多元調度而充裕，然而水源水質將會呈現多樣性和複雜性，有關安全供水的影響因素亦將越來越複雜，從而對多樣性導水、水處理技術與送配水系統調整因應也須要更高的能力。以北京和鄭州兩個重要城市為例，針對通水後的問題，從水源、水廠、配水管網等方面進行系統研究，發現在丹江口水庫水源水質條件下，雖然常規水處理技術出水水質尚可滿足主辦國《生活飲用水衛生標準》，惟受水區城市考量部分新建水廠仍將首選高級處理；另外在水源頻繁切換條件下，送配水質與管垢和生物膜的相互作用影響著鐵腐蝕產物的釋放過程。在穩定性較低的管網中切換為強腐蝕性水時，鐵腐蝕產物釋放速率增加。此外，為避免了 2009~2012 年間水源頻繁切換所可能導致的「黃水」現象，藉由相關研究探討建立多水源切換管網黃水預防與控制技術。
- 六、 郭公庄淨水廠要求內部及外部參訪人員，穿著防塵衣及拋棄式防塵鞋套，除了保護人體安全與衛生，並且防止粉塵、灰砂或其他粒狀物質污染淨水廠區，建議自來水同業可參採使用。
- 七、 在城市參訪印象，北京雖是中國的首都，不僅為全球最偉大的城市之一，同時具三千多年歷史文物建築古蹟，據我們的觀察，各景點或道路仍有垃圾、吐痰、損壞公共財物、無視交通號誌、習慣性亂按喇叭，市民態度的冷漠及服務品質低落等，這些行為看似細微，但卻反映一個城市甚致一個國家的品位，這些小事若能予以重視，北京才能以文化及時尚的嶄新面貌立足國際。
- 八、 隨著時勢潮潮流所趨，世界各國的自來水事業皆重視水資源發展、能源回收、資源循環及環境友好的目標，建議我國自來水同業也應持續關注新工藝、新技術、新材料、新設備的研究與應用，為未來城市構建永續水資源利用。
- 九、 鼓勵自來水同業多出國發表論文，除可增廣見聞，並透過論文發表(Oral/Poster)或論壇(Workshop)方式與各國代表分享、學習彼此問題之解決方式，並共同以改善國家與全球水資源問題而努力。

玖、參考文獻

- 一、 北京市自來水集團漏損控制簡報資料。
- 二、 台北自來水事業處漏損控制簡報資料。
- 三、 澳門自來水公司漏損控制簡報資料。
- 四、 香港水務署漏損控制簡報資料。
- 五、 上海浦東威立雅漏損控制簡報資料。
- 六、 2015 第 6 屆 IWA ASPIRE 官方網站 <http://www.iwaaspire2015.org>。
- 七、 2015 第 6 屆 IWA ASPIRE 大會手冊。
- 八、 北京市自來水集團南水北調配套工程郭公庄水廠一期工程書面資料。
- 九、 深圳市拓安信自動化儀表公司書面資料。
- 十、 受水區城市飲用水安全保障共性技術研究與示範。
- 十一、 第九屆海峽兩岸水質控制技術與管理研討會暨 2014 水質高峰論壇。

拾、附錄

- 一、 國際水協會總裁 Helmut Kroiss 教授主講「“ Quality Standards" Their Role For Water Protection And Cost Efficiency In River Basin」簡報資料。
- 二、 中國城市科學研究會總裁仇保興(Baoxing Qiu)教授主講「 Six Stories of Urban Water Affairs in China」簡報資料。
- 三、 馬來西亞 SMHB Sdn Bhd Ir. Syed Muhammad Shahabudin 教授主講「 Sustainable Water Services Management in Malaysia : Key Challenges in taking Water Demand Management Forward」簡報資料。
- 四、 瑞士 EAWAG, the Swiss Institute of Aquatic Science & Technology Rik Eggen 教授主講「 Developments, Threads To Human And Environmental Health, Research Needs And Mitigation Strategies」簡報資料。
- 五、 中國科技學院生態環境中心曲久輝(Jiuhui Qu)教授主講「 Technology Vision of Future Water Treatment Plants」簡報資料。