

出國報告（出國類別：考察）

# 新加坡都市排水及污水再生利用規劃 、管理及策略

服務機關：內政部營建署

姓名職稱：吳金和副主任

陳志偉正工程司兼副處長

林淳一副工程司兼分隊長

林南宏副工程司兼分隊長

派赴國家：新加坡

出國期間：103 年 8 月 25 日至 8 月 29 日

報告日期：103 年 11 月 5 日

## 摘要

本次考察看到新加坡積極建設都市排水防洪設施及發展新生水與海水淡化技術，將污水再生利用產生新生水(NEWater)，大部分直接用於工業及民生非飲用，少部分注入水庫作為補助水源，海水淡化直接供應工業用途。兩者皆以民間參與方式，藉重民間企業專業技術、資金及營運管理，再配合政府各項協助，共同發展新穎水資源業務，本次考察計畫將有助於未來都市排水及發展新生水之規劃、管理及策略。

本次考察時間從 103 年 8 月 25 日至 29 日共 5 天，8 月 25 日抵達新加坡，8 月 26 日先拜會公用事業局(PUB)，參訪樟宜污水處理廠及勿洛新生水廠遊客中心，下午拜會建屋發展局(HDB)。8 月 27 日參觀 TUAS 海水淡化廠及濱海堤壩(Marina Barrage)蓄水防洪設施，8 月 28 日拜會國家環境局(NEA)，8 月 29 日啓程返國。

# 目 次

	頁碼
壹、考察緣起與目的.....	1
貳、考察行程與說明.....	1
參、心得及建議.....	38

## 圖目錄

圖 1 新加坡水資源循環利用概念圖 .....	3
圖 2 新加坡 2008 年以前污水下水道系統圖.....	3
圖 3 新加坡新生水廠位置及回收水量 .....	4
圖 4 深隧道污水管線系統 (DTSS) 概念原理.....	5
圖 5 深隧道污水管線系統(DTSS)計畫期程及位置圖 .....	5
圖 6 深隧道污水管線構造斷面圖 .....	6
圖 7 深隧道污水管線系統 (DTSS) 第一期工程.....	7
圖 8 目前深隧道污水管線系統 (DTSS) 建設成果.....	7
圖 9 樟宜廠污水處理流程圖 .....	8
圖 10 樟宜廠各處理單元配置圖.....	9
圖 11 樟宜廠污水處理單元剖面圖.....	9
圖 12 樟宜廠固體處理大樓主要設備圖.....	10
圖 13 樟宜新生水廠處理流程圖.....	12
圖 14 樟宜廠管理樓大廳深隧道污水管線系統 (DTSS) 介紹及廠區模型.....	12
圖 15 樟宜廠 PUB 駐廠人員介紹 DTSS 主抽水站構造及設施.....	12
圖 16 樟宜廠 DTSS 主抽水站構造及設施.....	13
圖 17 樟宜廠 DTSS 主抽水站相關管線及設施.....	13
圖 18 訪樟宜廠後吳副主任代表致贈紀念品並合影留念 .....	13
圖 19 新生水訪客中心外觀及入口接待處.....	14
圖 20 新生水展示館水英雄模型及視聽多媒體設備.....	15
圖 21 新生水展示館與水有關資訊之互動遊戲機及 Q&A 展示亭 .....	15

圖 22 新生水展示館 NEWater 計畫時空廊道及重要里程碑	16
圖 23 深隧道污水管線系統 (DTSS) 示意動畫圖及深井模擬空間體驗區	16
圖 24 新生水展示館現場展示過濾器、UF 模組、RO 模組	17
圖 25 新生水展示館現場展示 UV 模組及 UF 模組剖面構造供人觀察	17
圖 26 參訪後全體在新生水訪客中心合影留念並當場暢飲新生水	17
圖 27 新生水訪客中心戶外設有休憩區及動態水景	18
圖 28 建屋發展局 (HDB) 1 樓民眾洽公空間及組屋社區開發模型	21
圖 29 與建屋發展局 (HDB) 會談後雙方互贈紀念品並合影留念	21
圖 30 大泉海水淡化廠區照片及海水淡化流程圖	24
圖 31 參訪大泉海水淡化廠後吳副主任代表致贈紀念品並合影留念	24
圖 32 國家環境保護署 (NEA) 廢物與資源管理處辦公室形象廣告及文宣資料	25
圖 33 新加坡概念計畫	26
圖 34 新加坡焚化廠與垃圾掩埋場分布圖	28
圖 35 大士南焚化廠鳥瞰圖	28
圖 36 實馬高島掩埋場空照圖	30
圖 37 大士轉運站鳥瞰圖	31
圖 38 垃圾傾倒至駁船上之作業照片	31
圖 39 廢棄物處理作業流程圖	32
圖 40 實馬高島上之卸料站	32
圖 41 實馬高島上之卸料與掩埋作業照片	33
圖 42 實馬高島上之綠化區	33
圖 43 實馬高島上開放之各類活動	33
圖 44 與環境保護署 (NEA) 會談並於會後雙方互贈紀念品	34

圖 45 濱海堤壩鳥瞰圖及活動壩體.....	35
圖 46 濱海堤壩防洪操作策略圖.....	35
圖 47 濱海堤壩內從事各種水上活動.....	36
圖 48 濱海堤壩上白天的美景或晚上的夜景.....	36
圖 49 濱海堤壩電動模型模擬其操作原理.....	37
圖 50 新加坡展覽館屋頂草坪可供市民辦活動或放風箏.....	37

## 表目錄

表 1 樟宜廠二級處理放流水供給新生水廠之水質標準 .....	11
表 2 樟宜新生水廠產出新生水之水質 .....	11
表 3 新加坡組屋類型及購屋每月分期付款表.....	19
表 4 新加坡「租賃組屋計劃」租金一欄表 .....	20

## 壹、考察緣起與目的

在氣候變遷影響及早澇愈趨極端的趨勢下，台灣地區受限於先天水文及地形環境之不利條件，部分地區面臨淹水的問題，僅靠雨水下水道不足以解決都市排水問題，本署辦理「都市綜合治水綱要計畫」希望透過土地利用管制、防災策略、工程措施、非工程措施與相關技術規範規劃等方法，減緩洪災發生之機率及帶來之災害，並強化都市防災、適災能力，使城市永續發展。部分區域面則臨缺水的風險，短期雖能靠移撥農業用水或自來水管網調配等方式克服，在無法覓得傳統湖庫水源的情況下，始終無法有效突破供水不足的困境，本署正執行辦理「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動計畫先期作業」，希望利用公共污水廠放流水水質、水量穩定，作為區域性產業用水、民生次級或環境保育用水水源，可提升整體供水可靠度、減少污染排放，同時促進水利產業發展，已是我國未來多元化水資源開發利用之既定政策與重點課題。而新加坡在都市排水防洪及發展新生水相關措施已有多年經驗及成效，應有足以借鏡之處，本署爰規劃本次考察。

## 貳、考察行程及說明

本次考察行程人員原由本署丁前署長帶隊，因 103 年 8 月 1 日發生高雄氣爆事件，丁前署長因忙於災後重建工作不克前往，另指派由吳副主任金和帶隊，本署下水道工程處陳副處長志偉、林分隊長淳一及林分隊長南宏隨行，同時本署委由美商傑明工程顧問股份有限公司辦理「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動計畫先期作業」委託專業服務案，該公司指派劉穎川經理就該委外案工作內容收集相關資料，另因本次考察部分行程係有關污水處理廠污泥處置再利用，而本署刻正委由中興工程顧問公司辦理「下水污泥處理再利用示範驗證總顧問」委託專業服務案，為充實計畫報告內容，總顧問亦指派朱敬平副主任隨行就當地污泥現況進行了解。考察行程從 103 年 8 月 25 日至 8 月 29 日共計 5 天，行程依日期分述如下。

**第一天：起程前往新加坡**

日期：103 年 8 月 25 日

**過程說明：**

考察人員於 103 年 8 月 25 日搭乘早上 8 點 35 分中華航空 C1753 次班機由桃園機場前往新加坡，於 8 月 25 日下午 2 點 30 分抵達新加坡樟宜機場後，隨即搭車前往住宿飯店，準備相關參訪資料。

**第二天：上午參觀樟宜污水處理廠、新生水訪客中心(NEWater Visitor Centre)**

**下午拜會建屋發展局(HDB)**

時間：103 年 8 月 26 日

**過程說明：**

### **一、行程說明**

本日第一站於早上9點30分到達樟宜污水處理廠，由新加坡公用事業局（Public Utility Board，PUB)工業發展部高級助理署長毛頤梁（Moh Tiing Liang /Senior Assistant Director)及樟宜新生水廠Melvin Koh /General Manager負責接待，PUB駐廠人員介紹新加坡公共污水系統建設及新生水的發展，在參觀樟宜污水處理廠之處理設施後，於11點30分抵達勿洛新生水廠遊客中心聽解說員介紹新加坡水資源管理四個國家水龍頭的理念及NEWater扮演的重要性；下午2點30分拜會建屋發展局(HDB)。

### **二、參訪簡介**

#### **(一) 參訪樟宜污水處理廠**

公用事業局(PUB)隸屬於環境發展部，目前約有 3000 名員工，負責排水、污水及衛生下水道等水資源業務。本次參訪樟宜（Changi）污水處理廠，係由公用事業局(PUB)自行操作、營運及管理，藉由簡報了解新加坡污水處理系統、深隧道污水管線系統、樟宜水資源回收廠及新生水廠的運作。公用事業局(PUB)負責將新加坡境內



之地面水或地下水、原水或淨水、雨水、污水或放流水再生等跟水有關的議題，均納入國家重要資源予以統籌管理運用，整體水資源循環利用概念如圖 1 所示。



圖 1 新加坡水資源循環利用概念圖 (圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

新加坡污水下水道系統採分流制，在 2008 年以前，所有經前處理的工業廢水及都市污水(稱為用後水)共同收集至 6 座污水處理廠，其相關位置如圖 2 所示。整個新加坡污水管線已達 3,100 KM，其中污水抽水站有 131 座，污水壓力管線達 210 km。



圖 2 新加坡 2008 年以前污水下水道系統圖 (圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

新加坡政府認為國土面積小而原有污水系統架構之污水廠位置分散，佔用廣大處理面積，不利於土地發展及有效利用，故重新檢討長期污水處理系統，採用深隧道污水管線系統(Deep Tunnel Sewerage System, DTSS)，將廢污水集中處理，部分廠站土地釋出並重新開發利用，有利周邊發展並使都市土地活化、美化及淨化。目前已關閉 3 座污水處理廠，包括 Kim Chuan 廠(2007 年 12 月)、Bedok 廠(2009 年 3 月)以及 Seletar 廠(2011 年 6 月)，如圖 2。現有及關閉污水廠中有 Changi、Seletar、Kranji、Ulu Pandan 及 Bedok 等 5 座作為新生水廠使用，其位置及回收水量如圖 3 所示。

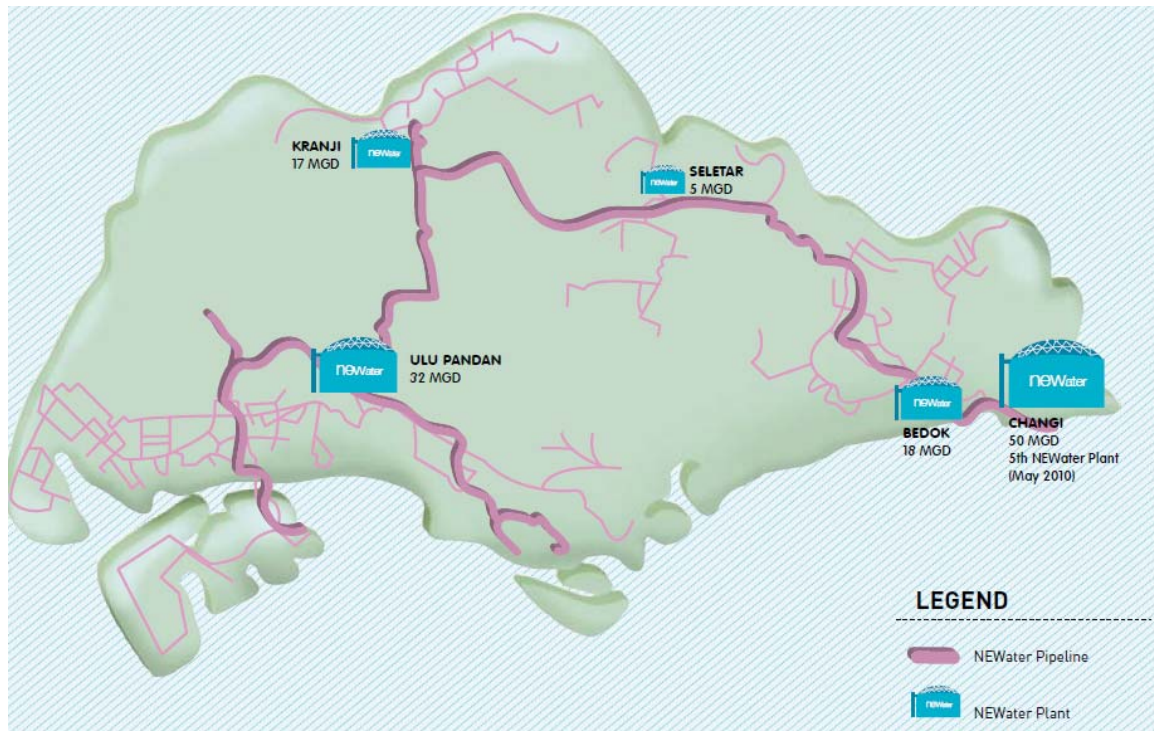


圖 3 新加坡新生水廠位置及回收水量（圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供）

### 深隧道污水管線系統(Deep Tunnel Sewerage System, DTSS)

深隧道污水管線系統（DTSS）被視為一個達到污水收集、處理及排放需求的解決方案，並為新加坡 21 世紀新加坡發展水資源重要項目之一。整個深隧道污水管線系統（DTSS）概念原理如圖 4 所示：係以深層隧道管線和現有污水管線相連接，收集現有新加坡污水以重力方式輸送至位於東部樟宜（Changi）和西部大泉（Tuas）2 個新生水廠集中處理，處理後廢水經排水口管道排入新加坡海峽。



圖 4 深隧道污水管線系統 (DTSS) 概念原理 (圖片來源: 新加坡公用事業局(PUB)提供)

整個深隧道污水管線系統 (DTSS) 分為兩期工程進行施作, 如圖 5 所示。



圖 5 深隧道污水管線系統(DTSS)計畫期程及位置圖(圖片來源: 新加坡公用事業局(PUB)提供)

深隧道污水管線構造共計三層，第一層為 250 mm 厚之預力混凝土、第二層為澆鑄 225 mm 厚混凝土、第三層為內襯 2.5mm 厚之塑膠防蝕保護層，其直徑 3.3 m 至 6 m，埋設深度地底下 20 m 至 50 m，如圖 6 所示。

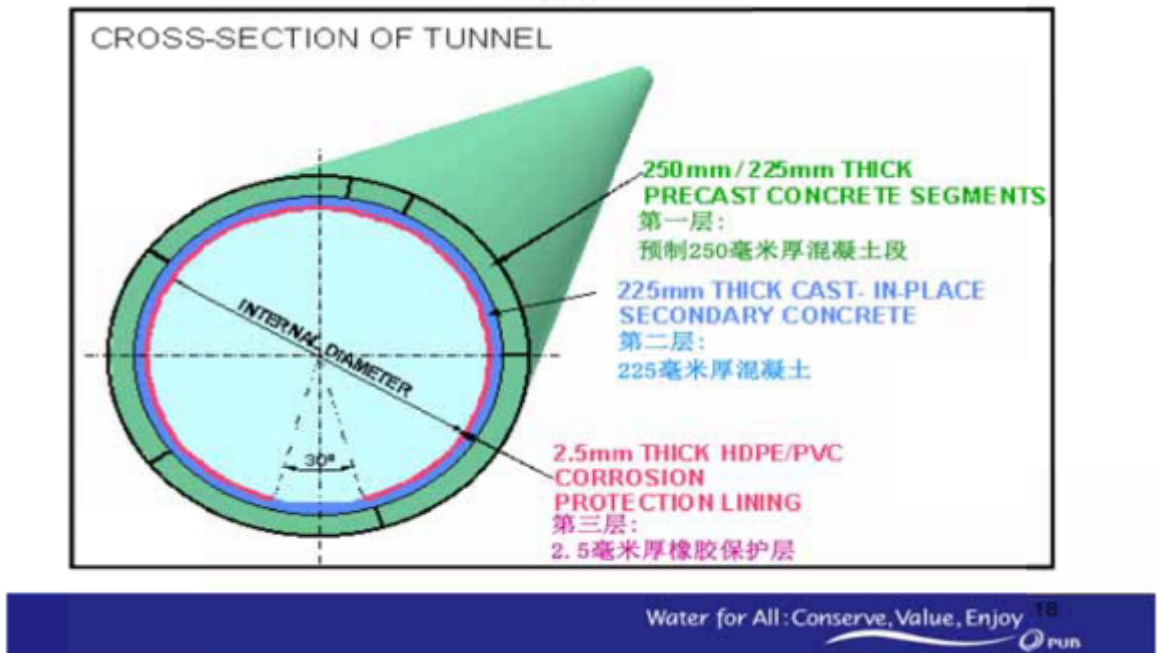


圖 6 深隧道污水管線構造斷面圖(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

深隧道污水管線系統 (DTSS) 第一期工程以建設北及東隧道 (48KM)、連接污水管 (60 KM)、樟宜新生水廠 (800,000CMD) 及海放管 (5KM)，於 2008 年竣工並進入營運階段 (如圖 7)。

目前深隧道污水管線系統 (DTSS) 建設成果如圖 8 所示，包括污水管線達 3,340 Km，深隧道污水管線 48Km，污水抽水站有 78 座，污水壓力管線 113 Km，4 座新生水廠，每日總處理量約 1,510,800CMD。

整個深隧道污水管線系統 (DTSS) 全面實施後，將可使污水處理廠、水再生廠和附屬的抽水站土地由 300 公頃減少至 150 公頃，減少 50%，釋出精華區土地重新開發利用。現有新加坡污水採重力輸送及集中處理，可減少營運操作費用。結合新生水廠提升水資源利用效率。

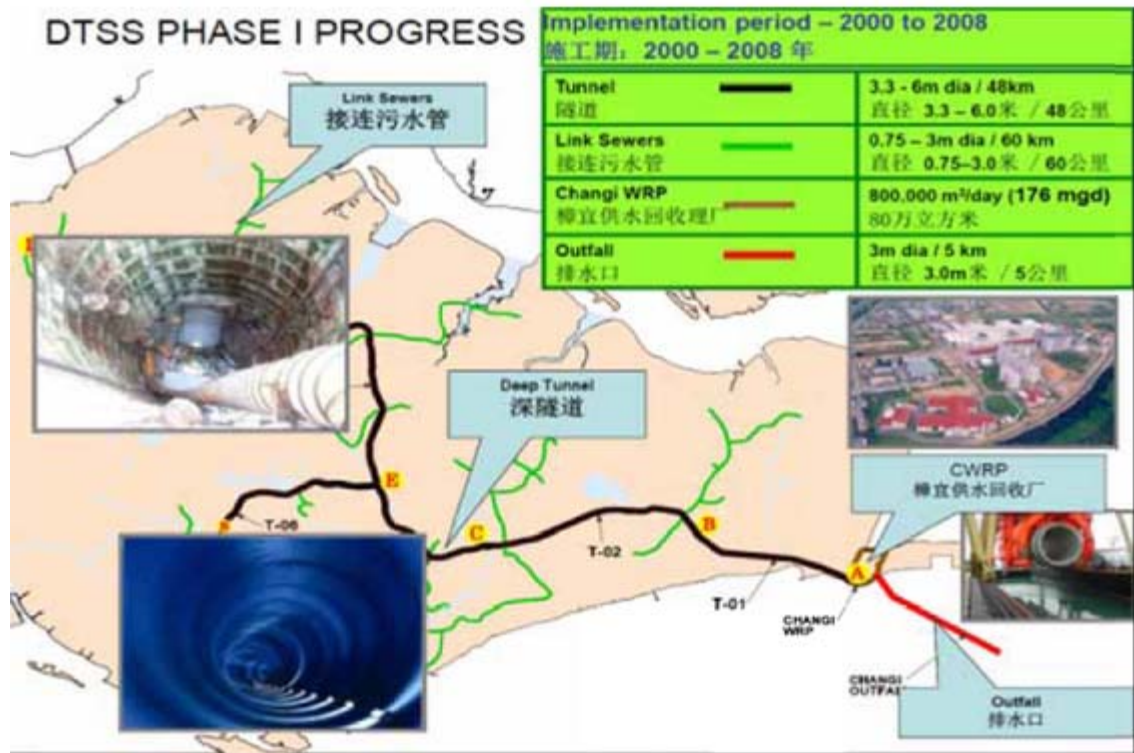


圖 7 深隧道污水管線系統 (DTSS) 第一期工程(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)



圖 8 目前深隧道污水管線系統 (DTSS) 建設成果(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

## 樟宜新生水廠 (Changi Water Reclamation Plant)

樟宜污水處理廠是新加坡深隧道污水管線系統 (DTSS) 第一期工程範圍，投資成本達 22 億新幣 (約新臺幣 528 億元)。場址為 32 公頃的填海土地，污水處理廠第一期設計處理容量為 800,000 CMD，全期擴展到 2,400,000 CMD，目前由公用事業局 (PUB) 自行操作、營運及管理。

污水處理流程是將 DTSS 的進流污水經 DTSS 主抽水站揚起後流入樟宜廠污水處理程序，如圖 9 所示。DTSS 主抽水站有 2 座直徑 37 M 豎井，深度達 72M，每座配置有 5 台 400,000CMD 污水泵，泵站內設有粗隔柵。樟宜廠污水處理程序則包括前處理(含 5mm 柵距細隔柵)、初沉池(雙層 16 座，每座 4 組刮泥機)、生物系統(採 STEP FEED 多段 AO 除氮程序)、二沉池(雙層 32 座，每座 8 組刮泥機)，廠區各處理單元配置如圖 10 所示。主要污水處理程序都置於室內，採用生物除臭系統，連成整棟共長 377 公尺 (如圖 11)。進流污水經處理有效去除固體和營養物質，二級處理過後放流水將引導到新生水廠進一步處理成高純度的新生水，其餘經由直徑 3M，長度 5Km，深度達 30M 之海放管進行海放。



圖 9 樟宜廠污水處理流程圖(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

## Changi Water Reclamation Plant 樟宜供水回收厂



圖 10 樟宜廠各處理單元配置圖(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

## CROSS SECTIONAL VIEW OF LIQUIDS MODULE 液体模块的剖面图



圖 11 樟宜廠污水處理單元剖面圖(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

污泥處理流程係將初沉池及二沉池產生之污泥經混合、離心濃縮後，再泵送至厭氧消化處理，污泥在厭氧消化池內經 20~30 天的特殊微生物分解，成為穩定污泥後進入後續離心脫水和乾燥程序，乾燥後污泥則運至污泥焚化爐焚化處理(如圖 9)。厭氧消化分解的副產物是沼氣，可作為燃料用於乾燥機來乾燥污泥。除厭氧消化池外，污泥處理設施皆位於固體處理大樓，如圖 12 所示。



圖 12 樟宜廠固體處理大樓主要設備圖(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)

樟宜新生水廠是新加坡最大的新生水廠，產量達228,000 CMD，位於樟宜廠之頂部，採用私人設計、建造、擁有、營運（Design-Build-Own-Operate, DBOO）模式賣水給公用事業局，其處理流程是將樟宜廠二級處理放流水經過濾機處理、微過濾及超過濾（MF/UF）處理、再經過逆滲透（RO）處理、最後經紫外線（UV）消毒後至新生水儲存池，詳如圖13所示。有關樟宜廠二級處理放流水供給新生水廠之水質標準如表1所列，新生水廠產出新生水之水質如表2所列，資料顯示新生水之水質優於自來水。新生水透過新生水管網系統直接輸送給企業作為非飲用水，一部分注入水庫，作為飲用水的一個非直接來源。



表1 樟宜廠二級處理放流水供給新生水廠之水質標準(新加坡公用事業局(PUB)提供)

## Feed Water Quality

Physical Water Quality Parameters	Max (Average)
Turbidity (NTU)	< 25 ( 12)
Colour (Hazen units)	< 50 (10)
Conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	<2100 (1180)
pH Value	5.8 - 7.5
Total Dissolved Solids (mg/L)	< 1330 ( 700)
Total Organic Carbon (mg/L)	< 25 ( 12)
Total Hardness (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	< 145 (109)
Phosphate ( as PO <sub>4</sub> , mg/L)	<35 (20)
Total alkalinity ( CaCO <sub>3</sub> ) ( mg/L)	<170 (50)
Silica ( as SiO <sub>2</sub> ) ( mg/L)	< 15 ( 10)
Boron (mg/L)	<0.25 ( 0.1)
Fluoride (as F) ( mg/L)	<10 (3)

表 2 樟宜新生水廠產出新生水之水質(新加坡公用事業局(PUB)提供)

## NEWater Specification

Physical Water Quality Parameters	Value
Turbidity (NTU)	<0.2
Colour (Hazen units)	<5
TOC	<0.1
Boron	<0.2
Conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) feed	<1580
	<100
	feed<2100
	<150
pH Value	7.0 - 8.5
Total Hardness (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	<5

當天參訪樟宜廠相關照片如圖 14~圖 18 所示。



圖 13 樟宜新生水廠處理流程圖(圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)提供)



圖 14 樟宜廠管理樓大廳深隧道污水管線系統 (DTSS) 介紹及廠區模型



圖 15 樟宜廠 PUB 駐廠人員介紹 DTSS 主抽水站構造及設施



圖 16 樟宜廠 DTSS 主抽水站構造及設施



圖 17 樟宜廠 DTSS 主抽水站相關管線及設施



圖 18 參訪樟宜廠後吳副主任代表致贈紀念品並合影留念

## (二) 參訪新生水訪客中心 (NEWater Visitor Centre)

在參訪過樟宜新生水廠後，前往本日第二站新生水訪客中心 (NEWater Visitor Centre)，亦即勿洛(Bedok)新生水廠，該廠原為污水處理廠，因土地重新規劃利用，已將污水處理設備拆除，併入樟宜污水處理廠處理，目前由新加坡公用事業局(PUB)操作運轉，每日產水量32,000立方米，並委託Pico設計及建造Bedok訪客中心，亦即一座新生水多媒體展示館，外觀以鋼構搭配玻璃具現代感，後方有新生水鋼製儲槽及親水生態池，接待中心內部裝潢具高科技感，如圖19所示。新生水訪客中心除推廣水資源教育外，更將新生水整個生產過程做了詳實的介紹，以消除大眾的疑慮，確認新生水可做為直接非飲用水及間接飲用水。



圖 19 新生水訪客中心外觀及入口接待處

導覽解說人員專業而熟練地幫我們介紹新生水訪客中心，首先播放一段影片簡介整個新加坡水資源管理4個國家水龍頭政策 (Four National Taps Strategy)：淡化海水、新生水、國內集水區和外來供水等4種水源，由於新加坡水資源缺乏，2000年以前水源主要為馬來西亞外來供水和國內集水區，其中馬來西亞供應新加坡45%用水，由於兩國簽訂的合約將在2060年到期，新加坡政府自1970年起就開始利用技術淨化回收水，惟水淨化技術直到2000年才逐漸成熟且具有商業運轉的價值。水淨化技術主要利用先進薄膜逆滲透過濾技術使回收水淨化，因此新加坡政府於2002年起開發出來兩個新

水源－淡化海水及新生水，目前提供新加坡40%用水，其中淡化海水占供水量10%，新生水占供水量30%，說明NEWater扮演的重要性，讓大家對水資源回收有初步的認識，那就是為什麼必須積極收集並重複利用每一滴水。

欣賞完影片簡介後導覽人員帶領我們進入展示館，每區都有一個主題及介紹點，第一個入口主題是水的來源、水的使用、水的處理等，本區設置有模型、視聽多媒體設備與互動遊戲，以寓教於樂的方式讓訪客了解新加坡整體水資源循環情形，如圖20及圖21所示。



圖 20 新生水展示館水英雄模型及視聽多媒體設備



圖 21 新生水展示館與水有關資訊之互動遊戲機及 Q&A 展示亭

接著導覽人員帶領我們進入時空廊道，說明新加坡發展NEWater計畫緣起、推展過程及成果的里程碑，如圖22所示。深隧道污水管線系統（DTSS）示意動畫圖及深井模擬空間體驗區，如圖23所示。展現新加坡政府於水資源努力的歷程及成果。



圖 22 新生水展示館 NEWater 計畫時空廊道及重要里程碑

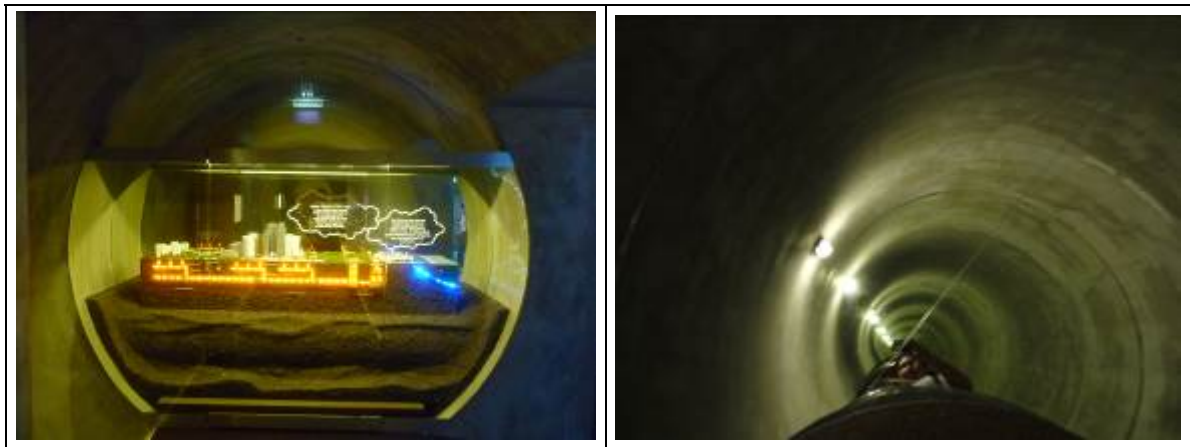


圖 23 深隧道污水管線系統 (DTSS) 示意動畫圖及深井模擬空間體驗區

接著進入處理技術展示區，主要解說家庭污水處理後，再運用高科技處理過程所製造的水稱為「新生水, NEWater」，依據處理流程必須經過三段步驟：第一段是超過濾(Ultrafilter, UF)，是將污水中的懸浮固體、膠體微粒、病菌、病毒和其他微生物過濾掉；第二段為逆滲透法 (Reverse Osmosis, RO)，水在高壓下 (20-30bar) 通過極細孔的半滲透膜，把水中的病毒、重金屬、硝酸鹽、氯化物、消毒副產物、芳烴化合物、殺蟲劑等都去除了；第三段為紫外線輻射消毒 (Ultraviolet, UV Disinfection)，確保將所有細菌病毒消除，使新生水更為安全。最後，送水前必須再添加微量鹼以平衡酸鹼度。為讓不同人士了解，利用動畫解說為何新生水需經過UF+RO+UV消毒處理，現場展示過濾器、UF模組、RO模組跟UV模組實體，如圖24～圖26所示。



圖 24 新生水展示館現場展示過濾器、UF 模組、RO 模組



圖 25 新生水展示館現場展示 UV 模組及 UF 模組剖面構造供人觀察

Bedok 新生水訪客中心運用互動和探索方式展示技術，透過複合式遊戲、數位化呈現展現以吸引訪客學習、互動進而了解。最後，導覽人員分贈每人一瓶瓶裝新生水，親自體驗新生水之口感（圖 26）。



圖 26 參訪後全體在新生水訪客中心合影留念並當場暢飲新生水

Bedok 新生水訪客中心戶外設有休憩區，提供參訪後遊客可以稍事休息及小孩戲水玩耍的地方，其中廁所與動態水景，均使用新生水（圖 27）。



圖 27 新生水訪客中心戶外設有休憩區及動態水景

### （三）參訪新加坡建屋發展局（HDB）

本署於 98-101 年曾辦理「青年安心成家方案」，刻正推動「社會住宅中長期推動方案」，丁前署長希望此行考察能參訪新加坡建屋發展局（Housing Development Board, HDB），藉以瞭解新加坡在都市更新活化、組屋更新及維護管理等方面之政策推動過程及成果，並蒐集相關資料以作為本署未來推動相關措施之參考。

本日第三站於下午 2 點 30 分到達建屋發展局總部，由 Fong Kin Wai Director (Resales)負責接待，首先聽取新加坡公共住屋簡報：新加坡於 1965 年建國，當時 200 萬人口中有 40%住在貧民窟和窩棚裏。為了解決居住問題，由建屋發展局(HDB)全權處理，負責新加坡新鎮的規劃、建設、管理及住宅政策，政府提供土地進行計畫和開發，以提供新加坡人優質公共住宅。新加坡政府為確保每個新加坡家庭都買得起組屋（類似台灣的國民住宅），實現「居者有其屋」的理想，幫助低收入和中等收入家庭提供購屋津貼。目前新加坡 380 萬人口中，已有約 83%的新加坡人住在組屋區，其中超過 90%住戶擁有自己的組屋，其使用權為 99 年，土地權仍為政府所有。



公共組屋的價格由國家環境發展部綜合多方因素決定且資訊都公開透明化。由於組屋價格不包括土地成本，其價格比同類民間住宅至少低50%~70%，對於組屋之購買與承租對象均有所限制，例如向建屋發展局購買組屋者，須為新加坡公民至少21歲以上，家庭月總收入不得超過10,000元星幣（約新台幣25萬元），必須組成一個核心家庭且不得擁有任何私人住用產業；而單身未婚者則要年滿35歲且收入不得超過5,000元星幣，才可以買一間屬於自己的組屋。另依據購屋者月收入情況共有4種組屋類型可供選擇，從二房式（45m<sup>2</sup>）到五房式（110m<sup>2</sup>）都有，組屋價格從11.6萬到38.8萬元星幣，單位價格約3,000元星幣/平方米（約新台幣24萬元/坪），組屋總售價相當於購房者家庭年收入的5倍左右。建屋發展局鼓勵購屋者以分期付款方式購買組屋並提供優惠利率貸款及公積金津貼，抵押貸款利率為2.6%，償還期高達25年，詳細資料如表3，對於寸土寸金新加坡都會區，鼓勵成家立業的意味濃厚。建屋發展局對於收入過低及無家庭依靠的家庭制定「租賃組屋計劃」，由政府提供大量津貼，以市場租價的10%來收取租金，幫助他們找到安居之所，如月收入不超過800元星幣，一房式組屋每月租金最低僅26元星幣（約新台幣650元），詳細資料如表4。

表3 新加坡組屋類型及購屋每月分期付款表(資料來源：新加坡建屋發展局(HDB)提供)

組屋類型	二房式	三房式	四房式	五房式
估計標準面積(平方米)	35/45	65	90	110
平均售價*	11萬6000元	19萬元	30萬4000元	38萬8000元
每月平均收入**	1700元	2500元	4200元	5900元
額外公積金購屋津貼(若合格)***	3萬5000元	3萬元	1萬元	-
特別公積金購屋津貼(若合格)***	2萬元	2萬元	2萬元	-
淨售價(扣除津貼)	6萬1000元	14萬元	27萬4000元	38萬8000元
每月分期付款#	225元	549元	1106元	1585元
償債比率	13%	22%	26%	27%

\* 2013年第一至第三季在非成熟組屋區推出的新組屋平均售價。

\*\* 2013年第一至第三季在新組屋區首次向建屋局申請購買組屋者的收入。

\*\*\* 額外和特別公積金購屋津貼將被用來抵消最高的90%貸款(如適用)，假設購屋者有足夠存款償還10%的首期付款。

# 按每年2.6%優惠利率計算，為期25年。假設申請者年齡是35歲或以下，家庭包括兩個成人，無其他財務承諾。購買組屋的印花稅、轉讓證書製作費及其他費用不包括在表內。

合格條件：

- 新加坡公民；
- 每月家庭總收入不超過一萬元；
- 不曾跟建屋局貸款兩次或以上；
- 在國內或國外不擁有任何私人住宅產業；
- 申請日期前的30個月內不曾售賣任何私人住用產業；
- 在國內或國外不擁有超過一個巴剎/小販攤位或是一間商用/工用產業；
- 擁有並且經營巴剎/小販攤位或商用/工用產業；
- 單身新加坡公民，每月收入不超過5000元。

表4 新加坡「租賃組屋計劃」租金一欄表(資料來源：新加坡建屋發展局(HDB)提供)

家庭总月入	家庭类型	每月租金*	
		一房式	二房式
800元或以下	首次申请者	26元 - 33元	44元 - 75元
	第二次申请者	90元 - 123元	123元 - 165元
801元 - 1500元	首次申请者	90元 - 123元	123元 - 165元
	第二次申请者	150元 - 205元	205元 - 275元

新加坡政府為禁止投資客炒賣組屋的行為，不能用於商業性經營，1 個家庭同時只能擁有 1 套組屋，每戶家庭可享受兩次購買組屋的權利，規定要轉賣組屋至少需要擁有 5 年以上，且政府要抽 10~25%的附加費，如果不滿 5 年就出售，屋主只能將組屋回賣給政府，政府照價買回，否則會被處以高額罰款或牢獄懲罰。

建屋發展局迄今已建設約106萬套組屋，除了建造新的家園，也為較舊的市鎮提供「組屋更新計畫」，針對這些過去所興建組屋加以翻新，不僅以新的住宅標準提升生活品質，同時也在更新過程中翻新社區的環境地景及納入鄰里工作委員會的決策機制，此計畫被視為新加坡邁向全球城市競爭行列的重要環節。包括：

- A. 家居改進計畫—幫助屋主全面而有系統的解決舊組屋常見的維修問題。這項計畫區分為選擇性改進項目與必要性改進項目，前者如翻新廁所，屋主可以選擇不執行，減少維修支出；後者則涉及公眾衛生、安全或技術問題，包含更換污水管、消防設備及修補混凝土剝落等。
- B. 電梯翻新計畫—為那些沒有設置電梯留停樓層增添電梯，讓老齡人及行動不便的居民進出更加方便，打造無障礙環境。
- C. 鄰區更新計畫—更新社區和整體設施，其目的在於發動居民參與打造自己的居住環境，從而促進居民對社區的歸屬感和參與感。
- D. 選擇性整體重建計畫—為提高土地的利用效率，挑選舊的組屋將其拆除，並在

附近地段為原居民提供新的住宅。

建屋發展局為方便民眾對於組屋類型有所了解，建置組屋社區開發模型及實體展示空間，公開提供民眾參觀體驗及諮詢（圖28），展示時間除周一至週五外，還提供週六上午之參觀時間，以方便民眾利用。



圖 28 建屋發展局（HDB）1 樓民眾洽公空間及組屋社區開發模型

雙方會談討論之後互贈紀念品並合影留念（圖 29），並至 1 樓民眾洽公大廳參觀組屋社區開發模型及解說看板。



圖 29 與建屋發展局（HDB）會談後雙方互贈紀念品並合影留念

### 第三天：大泉海水淡化廠 (Tuaspring)

時間：103 年 8 月 27 日

過程說明：

#### 一、行程說明

本日早上 9 點 00 分出發 10 點到達 Tuas 海水淡化廠(Tuaspring)，由凱發集團 (Hyflux) 薄膜行銷系統之副總 Timothy Lam 負責接待及解說，首先介紹海水淡化處理廠建廠至海水淡化之發展及技術，並帶領參觀海水淡化處理廠之處理設施，下午 2 點 30 分參觀濱海堤壩(Marina Barrage)蓄水防洪設施。

#### 二、參訪簡介

##### **Tuas 海水淡化廠(Tuaspring)**

新加坡公共事業局(PUB)於 1990 年代初期即開始規劃在河海口交界處興建海水淡化處理廠，由民間企業供應淡化水之專案，以 DBOO 方式興建 1 座日產 13 萬 6 千噸的海水淡化廠，與得標廠商自簽訂購水合約日起 36 個月內，完成海水淡化廠之商業運轉，並負責供應淡化水 20 年。2003 年 6 月，由新加坡凱發集團(Hyflux)和法國企業合資成立的星泉水務公司 (SingSpring Water) 簽約，以每噸 0.79 元星幣每天提供 13 萬 6 千噸的淡化水給公用事業局。第 1 座海水淡化廠--星泉(SingSpring)海水淡化廠自 2004 年初動工，於 2005 年 9 月 13 日完工啓用，運轉後約提供新加坡現階段 10%之淡水需求。

2013 年新加坡第 2 座海水淡化廠--大泉海水淡化廠(Tuaspring)落成，佔地 14 公頃，產量達 318,500 CMD，是目前新加坡最大的海水淡化廠，也是亞洲最大的逆滲透技術海水淡化廠。大泉海水淡化廠(Tuaspring)亦由凱發集團(Hyflux)設計、建造、擁有及經營 25 年，共斥資 10 億 500 萬元星幣建造（含發電廠），海水淡化後再以每噸 0.45 元星幣賣給公用事業局。該工廠使用凱發集團(Hyflux)專有 Kristal®超濾(UF)

膜技術的預處理流程，該 Kristal®超濾（UF）膜提供了高品質的海水逆滲透(SWRO)預處理溶液，提高性能和延伸下游 RO 膜的壽命，從而消耗更少的化學品和能量。為了進一步提高成本效益，並提供更好的投資報酬，選用高效率的西門子 F 級聯合循環電廠，發電容量達 300 兆瓦，以提供電力為海水淡化廠以及新加坡電力市場，透過這兩個廠站的結合，得到顯著資本和運營成本效應。

### 大泉海水淡化廠(Tuaspring)海水淡化流程

海水淡化處理流程詳圖30，各主要單元分述如下：

#### ➤ 進水口

兩座進水口座落於離海岸邊 50 公尺處，分兩條進水管埋在海床，其直徑達 2.5 公尺的管路直接連接至抽水站。海水經過 2mm 與 20mm 的過濾網後，再輸送至 100um 的全自動過濾器。

#### ➤ 預處理

大泉海水淡化廠的預處理是採用 Kristal®超濾膜系統（UF），可有效去除可污染逆滲透膜（RO）的微生物及細菌，提供逆滲透膜（RO）高品質進水，不但提高逆滲透膜（RO）處理效率，也可延長滲透膜（RO）使用壽命。

#### ➤ 逆滲透

海水通過預處理後，被輸送到雙段逆滲透（RO）系統，第一段逆滲透為傳統高壓技術，大約 45%的產水率，該廠搭配先進能源回收技術以回收剩餘能源。第二段逆滲透為低壓逆滲透，進一步將水過濾至符合硼的規格。大約 90% 的第一段逆滲透膜出水可通過第二段逆滲透膜。

#### ➤ 排放口

海水經逆滲透過程後，其濃鹽水將通過離海岸邊 120 公尺的排水管排放回大海。

#### ➤ 後處理

經過二段逆滲透處理後之出水非常純淨，需添加石灰和二氧化碳來調整pH；另再加入氯、氟化物及硫酸銨，以促進氯胺及氟化作用。經後處理後之產水儲存於蓄水庫，再抽送到公用事業部的供水池以便輸送到輸送到用戶端（主要為新加坡西部的住宅區及工業區）。

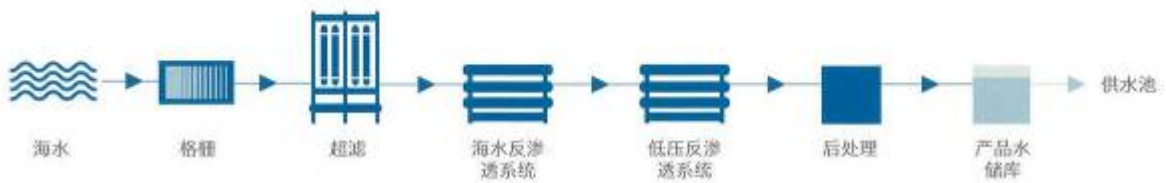


圖 30 大泉海水淡化廠區照片及海水淡化流程圖（圖片來源：大泉海水淡化廠簡介資料）

經過 Timothy Lam 副總親切接待及詳細解說後，吳副主任代表致贈紀念品並合影留念（圖 31）。



圖 31 參訪大泉海水淡化廠後吳副主任代表致贈紀念品並合影留念

第四天：上午拜訪國家環境保護署 (NEA)，下午參訪濱海堤壩(Marina Barrage)

時間：103 年 8 月 28 日

過程說明：

## 一、行程說明

本日早上 9 點 30 分到達國家環境保護署(NEA)總部。下午 2 點 30 分參訪濱海堤壩(Marina Barrage)。

## 二、拜訪簡介

### (一) 拜訪環境保護署(NEA)

本次主要拜訪國家環境保護署 (National Environment Agency, NEA) 所轄廢物與資源管理處 (Waste & Resource Management Department)，會談前我們看到國家環境保護署(NEA)廢物與資源管理處辦公室形象廣告及文宣資料，皆非常親民且淺顯易懂 (圖 32)。本次會談由王書碩處長 (Director Soo San Ong) 負責接待，首先由我方介紹本署下水道工程處目前角色，以及未來升格併入環境資源部「下水道及環境工程局」後，除原本下水道工程外，將一併負責焚化爐、掩埋場等環境設施工程，希望藉本次拜訪能了解國家環境保護署 (NEA) 所負責之焚化爐與掩埋場工程營運狀況、所遭遇到之困難及解決方法。



圖 32 國家環境保護署(NEA)廢物與資源管理處辦公室形象廣告及文宣資料

王處長表示，國家環境保護署 (NEA) 的工作目標為追求「Clean land、Clean air、Clean water」，以水的議題為例，公用事業局 (PUB) 負責水資源的開發，國家環境保護署 (NEA) 則負責水質的監測，以確保水循環圈的潔淨；過程中也討論到非點污染源對於濱海堤壩可能之污染，NEA 之角色為監測與監督，污染之控管（如濱海堤壩等集水區水質不如預期時）仍由 PUB 加以處理。而國家環境保護署廢物與資源管理處目前工作重點為針對廢棄物處理設施容量進行長遠規劃，並逐步推動廢棄物轉為資源使用。以下即就本次訪談內容與 NEA 提供資料進行簡要說明。

新加坡地小人稠，為確保土地用途的互容性，對於國土規劃階段極為謹慎，有嚴格的都市計畫分區使用，如圖33「概念計畫(Concept Plan)」所示，包含住宅、商業、工業、交通及休閒等國土規劃，作為未來40年至50年的國家發展範本，每10年檢討1次（最近1次檢討為2011年）。如圖33中最主要工業區位於西部的Jurong與Tuas，各類焚化設施（即公民營處理機構）亦多位於Tuas，以避開市中心；圖中淺藍色帶虛線框即未來可能再作填海造地之地點（possible future reclamation），作為最終處置之掩埋場，本島不易找到地點設置，因此以填海造地方式，建置於實馬高掩埋場。

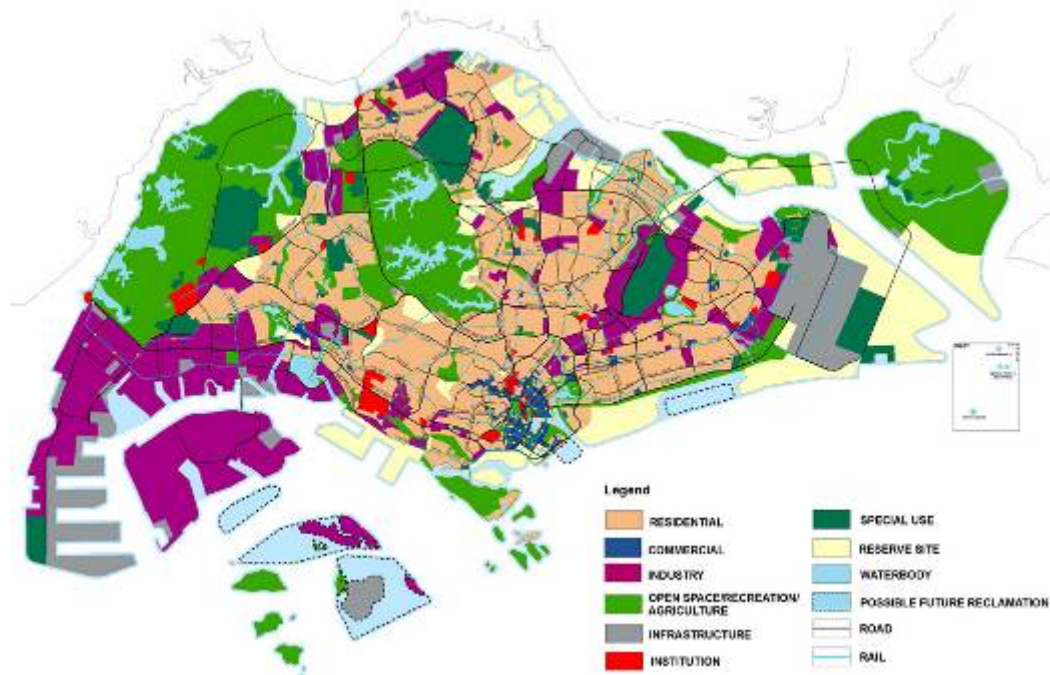


圖33 新加坡概念計畫(圖片來源：市區重建局Urban Redevelopment Authority, URA)



新加坡全國每天產生的廢棄物總量約1.7萬噸，據估計約有六成得以回收利用，其餘無法回收者則視依可燃性設定處理方式，不可燃者則直接掩埋（估計500噸），可燃廢棄物採垃圾焚化（mass burn）方式處理，以達減量（減積效果超過90%）；焚化底渣與飛灰則在篩除含鐵金屬後再加以混合（不固化），每批經TCLP測試合格後，與不可燃廢棄物一同運至實馬高島，最後再作衛生掩埋。

過去污泥之最終處置也是一項令PUB與NEA困擾之問題，以前樟宜污水處理廠的下水污泥僅經過機械脫水而未乾燥，在送入垃圾焚化爐與垃圾混燒時，與國內試燒狀況類似，產生對進料系統與格柵堵塞問題，後來公用事業局（PUB）在樟宜污水處理廠改設置污泥乾燥設施，並委託位於大士區（Tuas）民營流化床式污泥專用焚化爐進行焚化（簽訂15年的合約）。以避免與垃圾混燒之困擾。惟考慮下水污泥量相對於垃圾量甚小，未來隨深層隧道下水道第二階段進行，預定設於西區的大型污水處理廠建置完成後，其下水污泥仍可能乾燥後一併與垃圾混燒。

在焚化設施方面，新加坡目前有 4 座垃圾焚化廠，包括在西邊大士區（Tuas）的 Keppel Seghers Tuas Waste-to-Energy Plant（吉寶西格斯大士垃圾焚化廠）、Tuas South Incineration Plant（大士南焚化廠）與 Tuas Incineration Plant（大士焚化廠），以及位於北邊與馬來西亞交界處的 Senoko Waste-to-Energy Plant（勝諾哥焚化廠）（圖 34），另有一座烏魯班丹焚化廠因離市區較近，1979 年建設時當地尚無住宅區，惟目前該地已變成高度人口密集區，時而引起臭味抗議，故已於 2009 年停止營運。其中大士南焚化廠是最新建成的焚化廠，於 2000 年 6 月落成，花費 8.9 億新元，位於海埔新生地上，占地 10.5 公頃，處理量為每日 3,000 噸；這些焚化廠都被命名為「廢棄物能源化工廠」（waste-to-energy plant），主要透過焚化發電以回收熱能，以大士南為例，其發電量約 80 MW（10.5 kV），約有 20% 為自身所用，80% 再賣出（圖 35）。



圖 34 新加坡焚化廠與垃圾掩埋場分布圖(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)



圖 35 大士南焚化廠鳥瞰圖(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)

4 座營運中的焚化廠目前有兩座已自 2009 年起改採民間促參方式，將使用權售予私人機構 (25-year long-term lease)，由政府委託處理並支付私人機構處理費，其

餘兩座目前則仍由政府自行營運；垃圾焚化廠的運營收入包括垃圾處理費（約占 60%，每噸約 77 元星幣）與發電收入（約占 40%，每度約 0.15 元星幣，與普通發電廠價格一致）；就處理費方面，如下水污泥送入與垃圾混燒則由 PUB 直接支付處理費，而一般廢棄物（家戶垃圾）則由政府隨電徵收，而各廢棄物清運機構目前均為民營，目前約有 400 家，由 NEA 核發許可證。

目前 4 座垃圾焚化廠每天焚化後產生約 1,600 噸的底渣與飛灰及不可回收也不可燃的垃圾（約 500 噸）一起送至實馬高掩埋場（Semakau Landfill）進行衛生掩埋。本次原訂至島上實地參觀，惟因其進行第 2 期（phase II）擴建，目前不對外開放，無法成行，僅由討論與文宣資料了解此一設施。

新加坡原有一處陸上掩埋場（Lorong Halus Dumping Ground）已於 1999 年 3 月 31 日關閉，在關閉前已展開實馬高掩埋場建設計畫，其位於新加坡本島以南約八公里處，由實馬高島（Pulau Semakau）和錫京島（Pulau Sakeng）兩個小島相互連接圍海而成（圖 36）。實馬高（Semakau）掩埋場掩埋期程共分 2 期，第 1 期（phase I）計畫於 1995 年開始興建，費時 4 年完成，於 1999 年 4 月開始啓用，可區分為 11 個子掩埋區(cell)，其它附屬設施包括碼頭、發電機和維修設備等，方可確保掩埋場獨自操作營運。現在正進行第 2 期（phase II）擴建，總面積 350 公頃，總埋置量可達 6,300 萬立方公尺，花費 6.1 億星幣，希望可滿足 2045 年前新加坡廢棄物產生量。為達成此掩埋容量，在實馬高島與錫京島利用天然環礁為基礎，聯結岸外海上建立一道周長為 7 公里的岩石堤岸，約 4 m 高，圍堤中間深度則超過 4 m，整體位於岩盤上；堤岸下方襯有不透水布以及一黏土層（marine clay layer）以確保滲出水會被阻截於掩埋場內，島上設有滲出水廢水處理廠。部分區域經填埋完成後，已規劃為遊憩區，整體土地利用規劃尚與貿工局協商討論中。



圖 36 實馬高島掩埋場空照圖(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)

如前述，垃圾島每日處理垃圾量約 2,100 噸，除垃圾焚化廠的底渣與飛灰，以及家戶與事業產生的不可燃／不可回收廢棄物外（包括工業廢料與營建廢棄物）。廢棄物收集車輛首先從焚化爐將待掩埋廢棄物運到大土轉運站（Tuas Marine Transfer Station）過磅（圖 37），而後將廢棄物傾倒至特製的全封閉垃圾運輸駁船（barges），目前有 20 處傾倒港灣（discharge bay）以確保車輛可以盡快完成作業。傾卸台（tipping platform）設在駁船上方，使得垃圾可以倒在駁船的中央，再利用挖土機分散垃圾平均於駁船各處（目前有兩台這類挖土機輪流運用），以確保航行過程穩定（圖 38）。待駁船載滿後，艙蓋會關閉以避免垃圾被風所吹出，拖船再帶動駁船航行約 30 公里至實馬高掩埋場，需時約 3 小時，為了不妨礙日常的海事運輸，駁船只能在午夜出發。目前大土轉運站有 6 艘垃圾運輸駁船，每艘容量為 3,500 m<sup>3</sup>，並有 3 艘拖船配合。相關廢棄物處理作業流程如圖 39 所示。



圖 37 大士轉運站鳥瞰圖(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)



圖 38 垃圾傾倒至駁船上之作業照片(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)

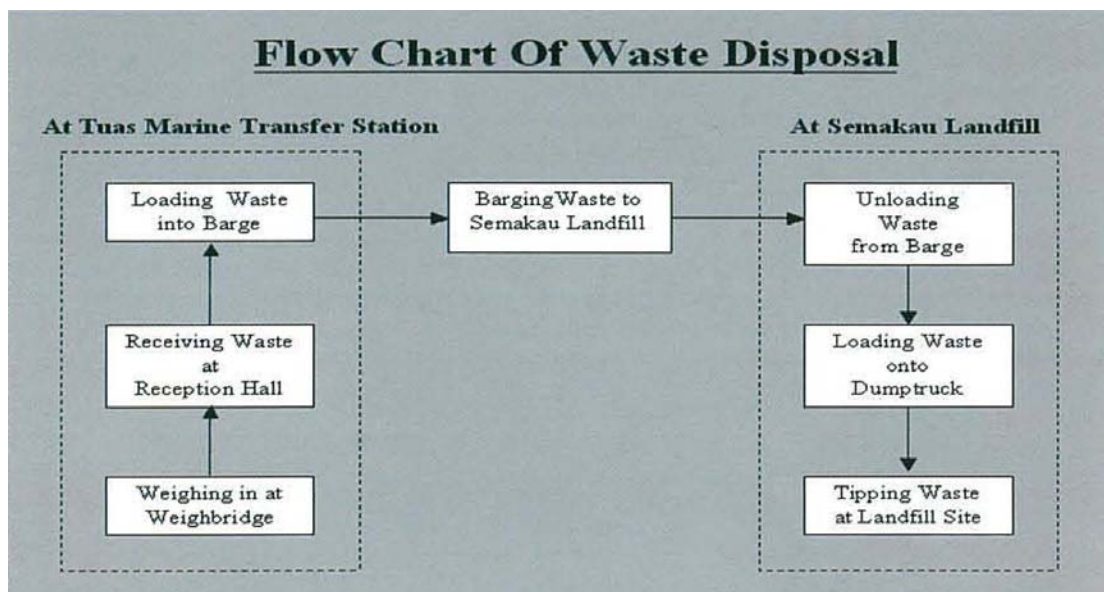


圖 39 廢棄物處理作業流程圖(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)

駁船抵達實馬高島後，將停靠在卸料站的碼頭（圖 40），有 4 輛怪手、3 輛鏟土機與 10 輛 35 噸卡車配合卸料與送至掩埋地點，將垃圾從駁船上全部運下約需 6 小時，另有 5 台堆土機與 4 台壓實機配合掩埋填實作業（圖 41）。當一個區塊填滿後，會再覆以土壤，並進行植栽綠化(圖 42)；之後會再啓動另一個區塊，原本與海水連結之排水管線會封住，再將區塊內的海水予以泵出以形成一個掩埋空間。目前實馬高島除陸上草本植物外，也有潮間帶生態，由紅樹林、珊瑚礁、海草、蝦蟹等構成，目前有開放釣魚活動以及賞鳥，在島上已發現 17 種魚類(包括巴拉金梭魚 (barracuda) 與棘鱸 (Queen fish 等)，66 種鳥類 (包括候鳥、水鳥與林鳥)、賞星、潮間帶漫步，以及經申請核准後可進行露營烤肉等活動(圖 43)。



圖 40 實馬高島上之卸料站(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)



圖 41 實馬高島上之卸料與掩埋作業照片(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)



圖 42 實馬高島上之綠化區(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)



圖 43 實馬高島上開放之各類活動(圖片來源：國家環境保護署 (NEA) 提供)

與我國焚化爐因垃圾資源回收而出現餘裕量之狀況類似，新加坡廢棄物產生量雖然隨經濟成長、工業發展及人口增加而增加，然隨 NEA 大力推廣廢棄物回收再利用，目前約達 60% 之回收率，使垃圾掩埋量呈現下降趨勢，最初實馬高掩埋場預計可使用年限為 30 年（至 2030 年），惟目前預估應可使用至 2045 年。新加坡長期面臨缺砂之問題，經常自緬甸購買砂石。因此 NEA 大力推動建築廢棄物回收，目標為讓 99% 的建材進入循環體系；NEA 未來希望可以進一步讓廢棄物回收率在 20 年提升至 70%。

目前該場正進行第 2 期擴建，其中最重要的議題是如何避免影響珊瑚之生長；NEA 在面對來自非政府組織（Non-Governmental Organization，NGO）的監督，溝通的方式是邀請非政府組織（NGO）至島上獨立進行潮間帶生態環境觀察與研究，並評估飛禽群聚狀態是否發生改變。NEA 於實馬高掩埋場附近設置多處監測井，每月定期進行採樣監測，以即時掌握、監控污染可能滲出情形，並將數據向公眾公開，以爭取社會信任。

雙方會談情形及會談後雙方互贈紀念品如圖 44 所示。



圖 44 與環境保護署(NEA)會談並於會後雙方互贈紀念品



## (二) 參訪濱海堤壩(Marina Barrage)

新加坡是一個年均降雨量達到2,400毫米、雨量充沛的熱帶國家，新加坡政府如何解決都市淹水問題？「濱海堤壩」佔了非常關鍵的腳色。濱海堤壩自2004年動工，2008年10月31日正式啓用，花費2.26億元星幣，是一座橫跨濱海水道(Marina Channel)的大壩，長350米，每道寬30公尺、高5公尺、重70公噸，有9道鋼製前傾或後拉冠形鐵閘調節水位(圖45)。其防洪操作策略，如圖46所示:在低潮期降豪雨時，鐵閘會前傾放下，將過量的雨水排放入海；在高潮期降豪雨時，鐵閘會後拉升至最高水位，以阻擋海水湧入堤內，壩內7個巨型排水泵會將過量的雨水強制排出堤外海中，可有效減緩牛車水、駁船碼頭、惹蘭勿剎及芽籠等市區低窪地區淹水現象。



圖 45 濱海堤壩鳥瞰圖及活動壩體(兩側水色及水位不同)(左圖：公用事業局(PUB)提供)

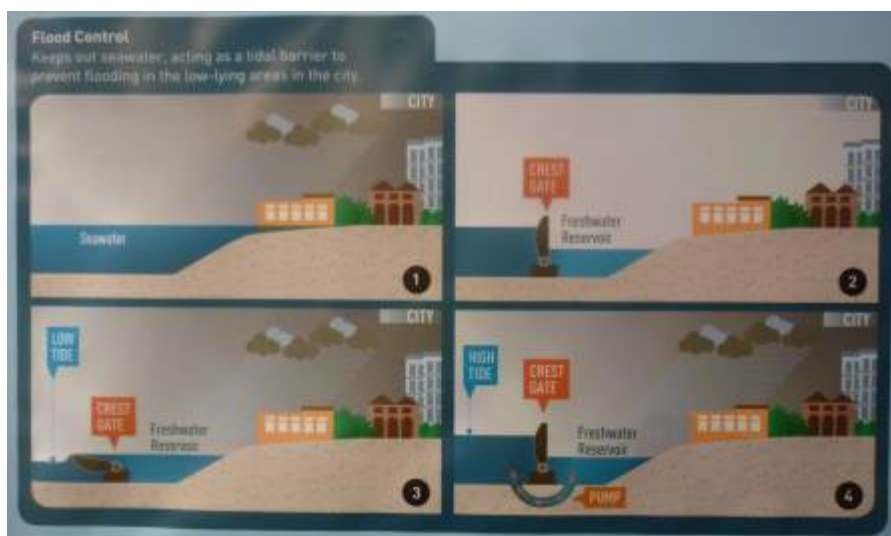


圖46 濱海堤壩防洪操作策略圖

濱海堤壩佔地超過10,000公頃，相當於新加坡國土面積的六分之一，降雨雨水流入壩內，利用大壩將濱海水道淡水和海水隔離(圖56)，當河水因豪雨高於海平面時，河水將會經由單向的閘道排到大海，如此運作一兩年後，堤壩內的水都已排出鹽分，壩內就成爲一個淡水庫，這是新加坡的第15個蓄水池，擁有全國最大及最城市化的集水區，負責將蓄水池中的淡水轉換成飲用水，滿足新加坡人10%的用水需求。

濱海堤壩除了解決都市淹水及供水短缺問題外，新加坡政府還精心打造堤壩成爲市區的休憩場所，因濱海堤壩將蓄水池和大海隔開，蓄水池內的水免受潮汐影響，故可在壩內從事各種水上活動，充滿熱鬧和生氣(圖 47)。堤壩上有行人橋，橋上有觀景亭，供遊人歇腳，欣賞濱海灣花園溫室及擎天樹、摩天輪、金沙酒店及美麗市區風景及眺望迷人海景，白天的美景或晚上的夜景，都吸引不少遊客流連忘返(圖 48)。



圖 47 濱海堤壩內從事各種水上活動 (圖片來源：新加坡公用事業局(PUB)網站)



圖 48 濱海堤壩上白天的美景或晚上的夜景

濱海堤壩負有防洪、蓄水、休閒(各類水上活動)、景觀(壩上設置公園)等多項功能，還具有教育功能，公用事業局（PUB）在濱海堤壩旁設了一座3層樓高永續新加坡展覽館（Sustainable Singapore Gallery），館內設有6個展覽廳，主要述說新加坡水源故事及水資源如何永續再利用，是一個推廣環保教育的活動中心，其中有一展覽廳設有濱海堤壩電動模型，動態模擬活動壩的操作原理，讓遊客更清楚瞭解整個堤壩的設計理念及功能(圖49)。屋頂設有一座偌大的草坪，可供市民辦活動、休憩、野餐或放風箏等戶外活動(圖50)。



圖 49 濱海堤壩電動模型模擬其操作原理



圖 50 新加坡展覽館屋頂草坪可供市民辦活動或放風箏（右圖：公用事業局（PUB）提供）

## 第五天：返程歸國

日期：103 年 8 月 29 日

### 過程說明：

考察人員於 103 年 8 月 29 日早上利用返程空檔參觀新加坡市區，中午 2 點 15 分搭乘中華航空 C1754 次班機返國，於下午 7 點安全抵達桃園機場順利完成本次參訪任務。

## 參、心得及建議

全球各國皆面臨氣候變遷所引起旱澇極端，水資源短缺及淹水成災等問題，而新加坡又面臨土地面積小，天然資源少，蓄水面積不足以發展工業及活絡經濟，需仰賴鄰國售水需求的問題。新加坡政府為突破困境，在政策上積極改善都市排水防洪及發展新生水，在執行上則是權責單位專一以公用事業局(PUB)掌管所有水資源循環供應議題減少各部門間的協調介面，從成果來看這些策略都已獲得卓越之成就，是值得我們參考學習之處，此外在推動新生水政策時，民眾及嚮導人員均配合政策致力宣傳，從而建立民眾信心，並以其引進先進技術自豪，該國政府機關及民間各界對教育宣導之重視及執行經驗，亦值得我們借鏡，另外新加坡透過推動新生水及海水淡化政策從而建立自己的薄膜生產技術的模式也是直得我們參採，未來我國將陸續推動六處污水處理廠放流水回收再利用示範計畫，在推動策略上應思考如何吸引國際之技術及資金，尋求最適合我國的發包、執行及營運模式，最終希望能建立自主的水處理關鍵技術並進而厚植拓展國外水務市場之實力。