

出國報告(出國類別：考察)

新加坡海水淡化廠招標興辦方式及 商業模式工作會議

服務機關：經濟部水利署、經濟部水利署北區水資源局、經濟部水利署南區水資源局、經濟部水利署水利規劃試驗所

姓名職稱：吳嘉恆組長、江俊生簡任正工程司、高晟喆副工程司、施茂誠副工程司、李珮芸課長、黃偉義課長及洪秉吉工程員

派赴國家：新加坡

出國期間：111年11月14日至11月17日

報告日期：112年2月

目 錄

壹、 摘要.....	1
貳、 目的.....	2
參、 過程.....	3
肆、 考察成果.....	4
一、 新加坡水資源背景.....	4
二、 新加坡科技造水推動概況.....	4
三、 參訪 Keppel Marina East Desalination Plant.....	7
四、 與新加坡公用事業局交流海淡廠興辦與營運模式.....	10
五、 參訪 Marina Barrage 防潮閘門.....	12
六、 參訪 NEWater Visitor Centre.....	14
七、 新加坡海淡廠技術交流.....	17
伍、 心得及建議.....	18
陸、 參考資料.....	19

壹、摘要

近年氣候變遷加劇，臺灣在 109-110 年更面臨百年來最嚴峻的旱象，在這次百年大旱所學習到的經驗，水利署為穩定供水，除積極辦理各項節水、調度、備援措施外，亦開發多元水源，如水庫水、川流水、地下水、伏流水、新生水及海淡水等，然而為避免長時間不下雨就造成供水緊張，且因應未來枯水期降雨偏少造成供水風險，需推動不受降雨影響的水源，例如再生水及海淡水作為枯水期保險水源。

臺灣四面環海，海水資源豐沛，開發海淡水有助於穩定供水，且海水淡化技術漸趨成熟，經濟部水利署已將海淡計畫納入「臺灣各區水資源經理基本計畫」重要水資源政策加強推動。因海淡水具有提升區域供水能力、不受氣候影響、興建時程較傳統水資源設施短、佔地面積小、環境影響較小及擴充便利等特性，水利署刻正規劃推動新竹及臺南海水淡化廠，產水規模分別每日 10 萬噸及每日 20 萬噸，並已完成桃園、嘉義、高雄及屏東等地區海水淡化廠初步規劃，此次參訪團拜訪新加坡公用事業局就新加坡水資源管理及海水淡化興建模式及設計等議題進行交流。

貳、目的

新加坡為水資源短缺國家，近年致力推動 4 個水龍頭政策（集水區的水、進口水、新生水及淡化水），且自 2005 年起，新加坡已推動 5 座海淡廠，每日可產 86.6 萬噸海淡水，占全國用水 45%，加上新生水，科技造水已達全國總用水量 7 成以上，且近年完成之海淡廠屢獲國際大賞，期推動模式及經驗，可供新竹及臺南海淡廠借鏡及學習，本次參訪目的概述如下：

- 一、現地參訪－Keppel Marina East（吉寶濱海東）海淡廠、Marina barrage 防潮閘門及 NEWater Visitor Centre(新生水展示中心)等水資源設施，以了解國外重大水資源建設之設計及營運及科技造水推展經驗，協助國內推動海淡水開發。
- 二、重要會議－與新加坡公用事業局(Public Utilities Board, PUB)召開「新加坡海水淡化廠招標興辦方式及商業模式工作會議」，藉由與 PUB 會中交流學習新加坡海水淡化興辦經驗及建議，以供參訪團研擬國內新竹及臺南海淡廠招標策略。
- 三、國際廠商交流－西班牙 Cobra 及 Aecom 新加坡分公司等參與新加坡海淡廠施工及設計廠商，交流海水淡化廠設計及施工技術，以利掌握國際大型海淡廠設計趨勢及技術規劃。

參、過程

本次考察自 111 年 11 月 14 日至 17 日，計 4 天，扣除來回交通時間，於新加坡實際考察天數為 3 天，各日行程及其重點如表 1。本次考察行程包括參訪海水淡化廠、廢污水回收再利用、防潮閘門設計及海岸水庫利用。

表 1、考察行程及重點

日期	行程
11/14(一)	啟程 新加坡-臺北
	考察團會議
11/15(二)	參訪 Keppel Marina East (吉寶濱海東)海淡廠
	新加坡公用事業局(PUB)海水淡化廠興辦與營運模式技術交流
	參訪 Marina barrage 防潮閘門設計、海岸水庫半塩水淡化利用
11/16(三)	參訪 NEWater Visitor Centre(新生水展示中心)
	西班牙 Cobra 公司及新加坡 Aecom 分公司分享海淡廠設計及施工
11/17(四)	返程 新加坡-臺北

肆、考察成果

一、新加坡水資源背景

新加坡位於中南半島的最南端，總面積約 728.6 平方公里，人口約有 545.4 萬人，年平均降雨量約 2,400 毫米，因狹小的國土面積與極低的海拔，新加坡境內河流短促、無良好的地下含水層，天然水資源十分有限，水資源調蓄能力較差，又因極大的人口密度，人均水資源量僅為 211 立方公尺，位於世界倒數第二。

新加坡於 1961 年及 1962 年與馬來西亞簽訂長期供水協議，明訂馬來西亞須向新加坡供水至 2061 年，但馬來西亞政府曾表示如果新加坡的外交政策傷害馬國利益，馬國將斷水，新加坡政府為確保供水穩定，及避免供水協議成為政治談判籌碼，期於 2060 年前達供水自主目標。為此，新加坡政府推動四大水資源政策，分別為集水區的水、進口水、新生水(國內稱再生水)及淡化水，詳圖 1。

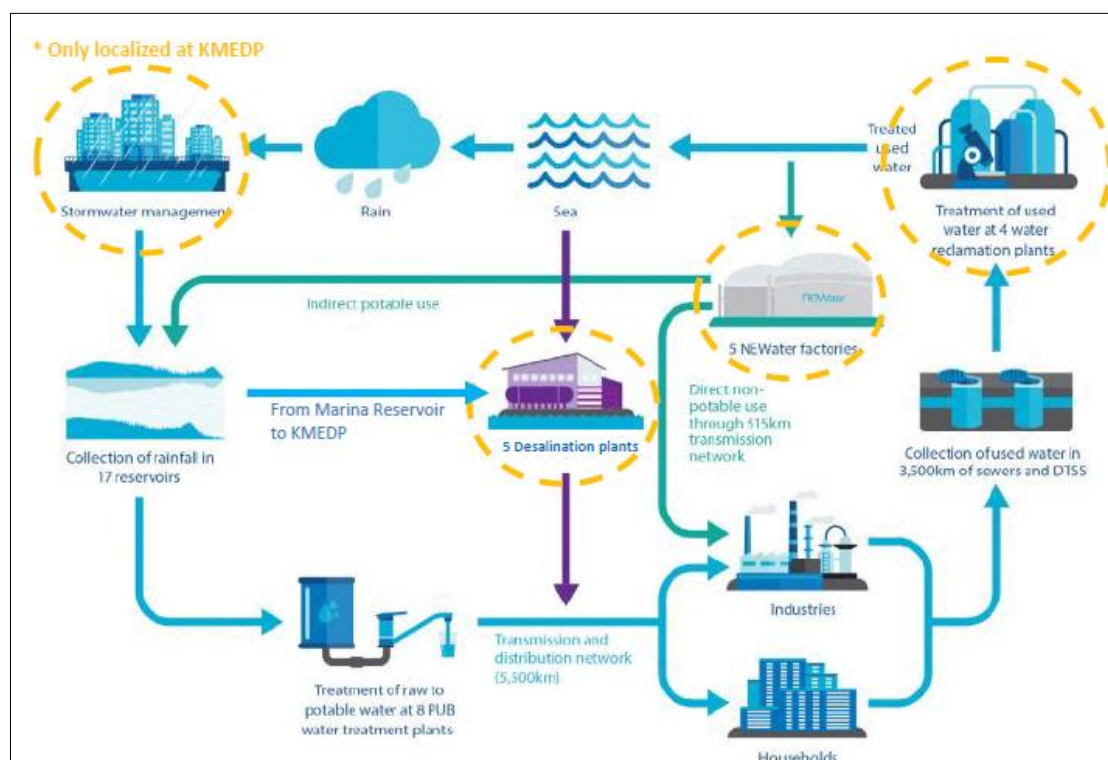


圖 1、新加坡水資源政策示意圖

二、新加坡科技造水(海淡水及新生水)推動概況

新加坡已完成 5 座海淡廠，總產水能力每日 86.6 萬噸，占新加坡總用水量約 45%，除 Tuas (大士) 海淡廠採用 EPC(統包)興建，其餘 4 座採用 PPP(促參)方式設立，海淡廠概述如下(詳表 1)：

- (一) SingSpring(新泉)海淡廠：2005 年完成，為新加坡第 1 家採用 RO 逆滲透技術之大型海水淡化廠，每日產水量約 13.7 萬噸，採 DB00(促參)方式推動，20 年保證購水第 1 年每噸約新臺幣 18 元。
- (二) Tuaspring(大泉)海淡廠：2013 年完成，為亞洲最大的 RO 海淡廠，並結合電廠共同開發，每日產水量約 31.8 萬噸，採 DB00(促參)方式推動，25 年保證購水第 1 年每噸約新臺幣 10 元。
- (三) Tuas(大士)海淡廠：2018 年完成，為第 1 座使用預處理技術，每日產水量約 13.7 萬噸，採 EPC(統包)方式推動，唯一由新加坡政府自行擁有和運營之海淡廠。
- (四) Keppel Marina East(吉寶濱海東)海淡廠：2021 年完成，為新加坡第 1 座採用河口水庫及海水雙水源設計海淡廠，豐水期水源以河口水庫為主；枯水期水源以海水為主，並將採海淡廠地下化，每日產水量約 13.7 萬噸，採 DB00(促參)方式推動，25 年保證購水第 1 年每噸約新臺幣 24 元。
- (五) Jurong Island(裕廊島)海淡廠：2022 年完成，主要供應裕廊島工業區工業用水使用，唯一從鄰近電廠直接供電的海淡廠，每日產水量約 13.7 萬噸，採 DB00(促參)方式推動，25 年保證購水第 1 年每噸約新臺幣 20 元。

表 1、新加坡 5 座海水淡化廠概述表

海淡廠	完成時間	產水規模 (萬CMD)	說明
1.SingSpring (新泉)	2005 (促參DB00)	13.7	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依據新生水促參案辦理經驗規劃推動，為新加坡第1座採促參DB00模式推動之海淡廠 2. 20年保證購水，每噸0.78新加坡元(約新台幣18元) 3. 吉寶集團擁有及營運
2.Tuaspring (大泉)	2013 (促參DB00)	31.8	<ol style="list-style-type: none"> 1. 亞洲最大的RO海淡廠，併同電廠開發 2. 25年保證購水，每噸0.45新加坡元(約新台幣10元) 3. 原促參商(凱發集團)破產，由PUB及吉寶集團各50%股權接手，目前由吉寶集團營運
3.Tuas (大士)	2018 (統包EPC)	13.7	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考量供水安全及為掌握海淡技術經驗，採統包EPC興辦，為政府擁有及自行營運，佔地3.5公頃 2. 獲2019年GWA設計大獎，由HSL公司得標，西班牙Cobra公司設計及技術協助，營運操作人力38人
4.Keppel Marina East (吉寶濱海東)	2021 (促參DB00)	13.7	<ol style="list-style-type: none"> 1. 創新雙水源設計，結合土地、能源、周邊環境及海淡廠地下化，獲2021年GWA及2022年IWA設計大獎 2. 25年保證購水，每噸1.08新加坡元(約新台幣24元) 3. 吉寶集團擁有及營運，營運操作人力29人
5.Jurong Island (裕廊島)	2022 (促參DB00)	13.7	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主要為供應鄰近工業區用水需求，併入水網方式供水 2. 25年保證購水，每噸0.91新加坡元(約新台幣20元) 3. 新科工程與大士能源聯合承攬，以色列IDE公司技術協助，目前功能測試中，營運操作人力約20餘人

新加坡的水資源戰略四大水龍頭提供了多元且永續的供水系統，其中新生水主要作為工業用水使用，於乾旱時期也會用於水庫或蓄水池的填補水源，惟限制總量不超過 10%，目前共有五座營運中的新生水廠，提供新加坡約 40%的水源供應，若與海淡廠聯合運用，科技造水供水量約佔新加坡國總用水量 7 成以上。

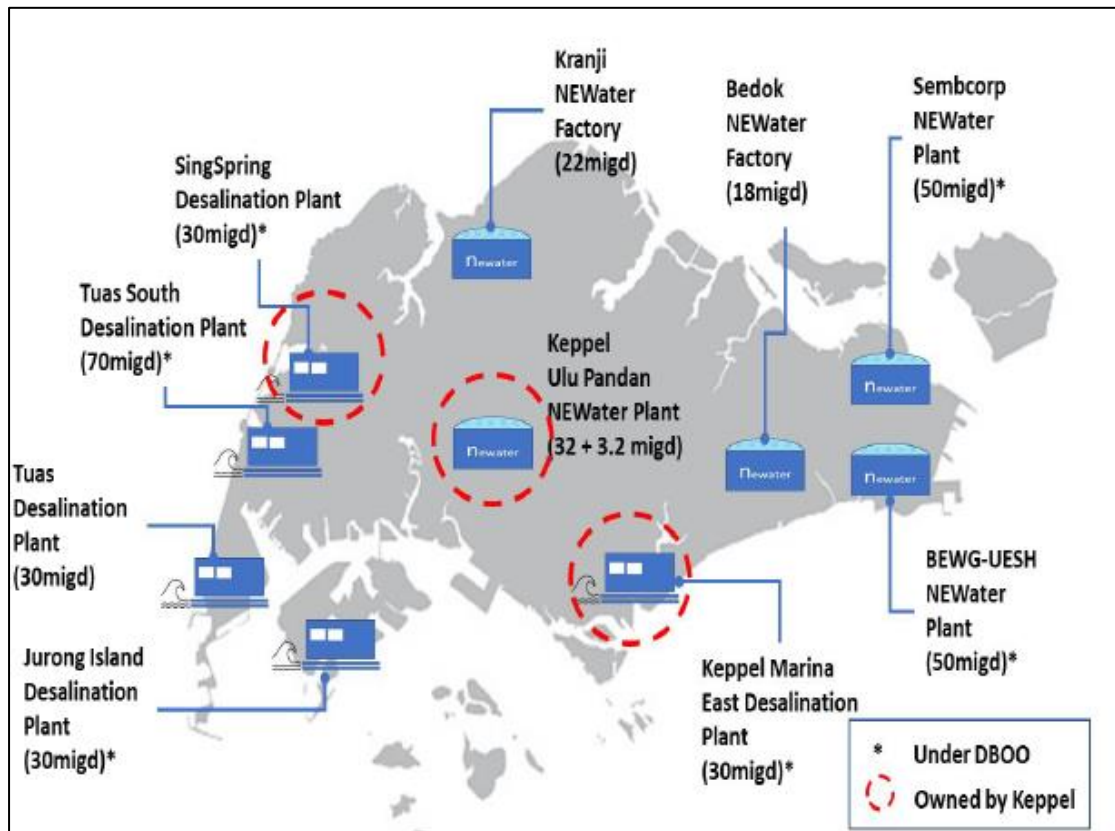


圖 2、新加坡海淡廠及再生廠分布圖

三 參訪 Keppel Marina East Desalination Plant (吉寶濱海東海淡廠)

參訪當日須事先提供參訪人員資料(含司機)及車籍資料，並沿途設有層層關卡，須待各檢核處守衛確認無誤後，始得進入參訪，進入海淡廠時還出示護照供工作人員檢核，新加坡海淡廠為重要設施，其戒備森嚴值得參考。(詳圖 3、4)。



進入海淡廠後，由吉寶濱海東施工營運廠商介紹海淡廠基礎設施(詳圖 5、6)，讓我們先對海淡廠區有基本認識後，經由參訪團員互相交流海淡廠設計及營運細節，如營運人員編制、RO 膜材質及更換頻率等討論，最後由廠商引領我們到廠區內部進行導覽，吉寶濱海東土地範圍約 2.4 公頃，但產水規模卻能達每日 13.7 萬噸，且現場廠區設備擺放及陳列不顯壅擠，仍留設足夠的維修道路(詳圖 7、8)。



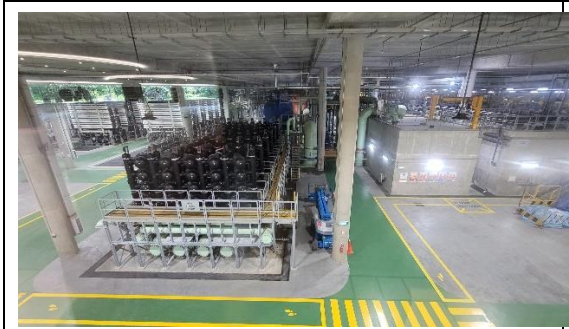


圖 7、吉寶濱海東海淡廠廠區

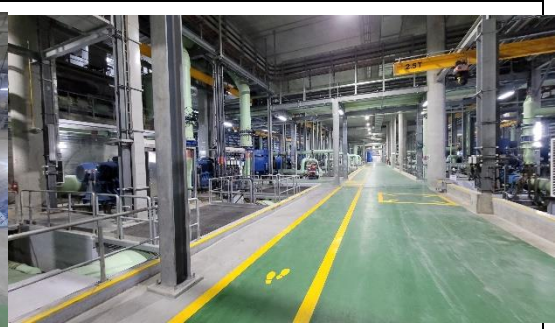


圖 8、吉寶濱海東海淡廠廠區

吉寶濱海東是全球首創可處理海水和河口水庫的雙水源模式海水淡化廠。在雨量多的時候，處理來自從防潮閘門河口水庫所蓄存的淡水水源；旱季則用海水做為淡化水的處理水源。處理河口半塩水時，改採低壓逆滲透薄膜系統(LPRO)，降低產水的能耗，詳圖 9。

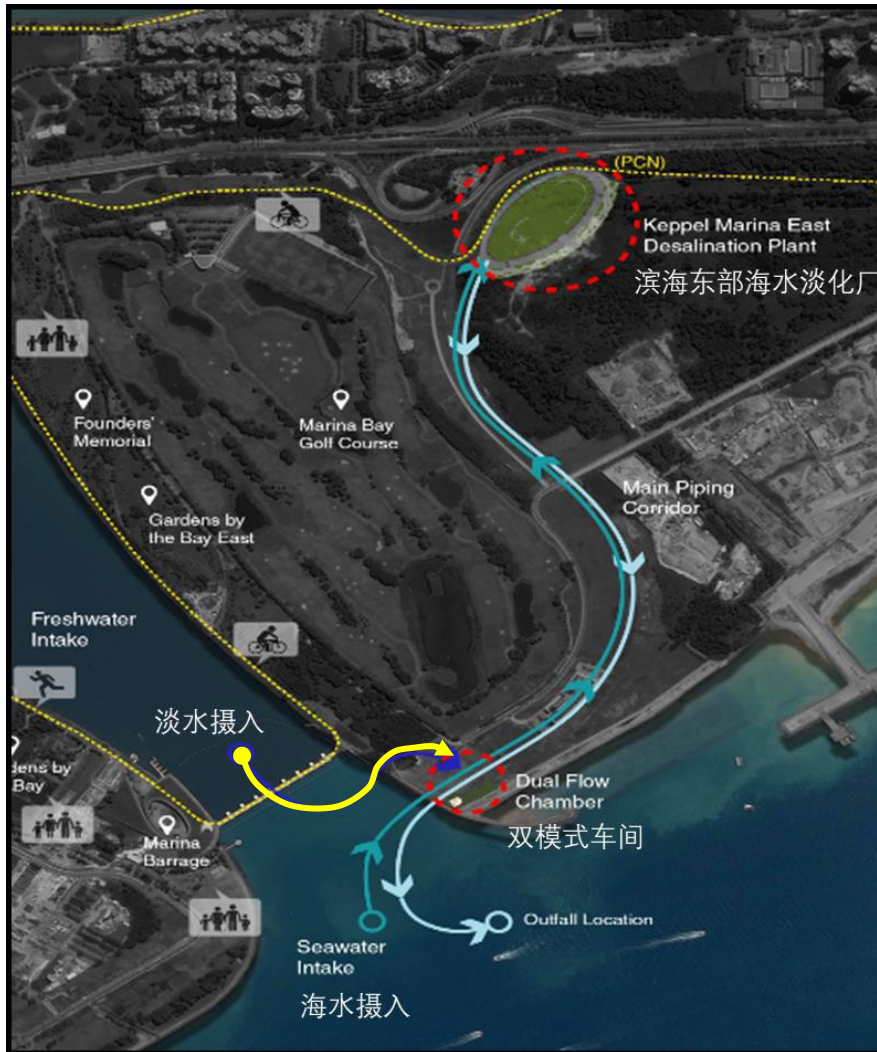


圖 9、吉寶濱海東海淡廠雙水源取水示意圖

除了雙水源模式外，吉寶濱海東廠也是第一座直接連串流海淡廠，直接連結超濾和逆滲透系統（詳圖 10），省去了緩衝池、RO 低壓泵、保安過濾器流程，也因省略抽水循環，可節省產水能耗 15%。另前處理採用加壓浮除(Dissolved Air Flotation)的方式，省下了沉澱池的建置，減少 30%的土地使用面積。後處理程序則採用紫外線作為主要消毒劑，和傳統加氯消毒方式相比占地面積較小，經過前開各項精簡措施，使吉寶濱海東僅需 2.4 公頃的土地便能產水每日 13.7 萬噸的規模，海水取水頭的類似伏流水鋼骨繞線式管路及反向沖洗功能是對後續維護管理較佳的方式，值得參考。

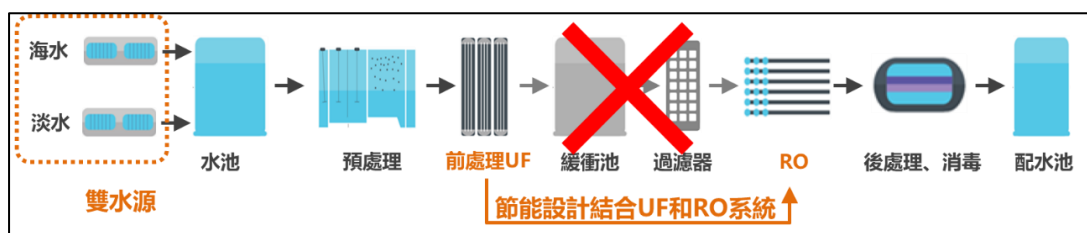


圖 10、超濾系統和逆滲透系統直接連結流程圖

新加坡由於國土面積小，因此相當重視土地用途規劃，吉寶濱海東經地方建議結合自然環境及營造親近民眾環境，為與周圍環境結合，及因應未來填海造陸工程會增加周邊可開發的土地，因此將海淡廠房地下化 7 公尺（詳圖 11），上方採用綠地的方式使海淡廠房能隱身在公園裡（詳圖 12）。

另外在景觀設計中融入了環境友善元素，例如透過雨水管理策略和集水系統，回收雨水用於灌溉和景觀用途。廠房頂部將近 2 公頃的綠地成為附近民眾能活用的休閒空間，搭配燈光營造，在夜間也能成為城市景觀亮點（詳圖 13），而海淡廠的抽水井頂部也建置成一個小公園遊樂設施，完美地讓海淡廠和民眾的日常生活環境結合在一起（詳圖 14）。

以和周邊環境融合方式所設計出的吉寶濱海東海淡廠，透過高度環境適應力、充分的環廠綠美化、兼具公共設施功能的基礎設施，也讓該廠榮獲 2021 年全球年度海水淡化廠、2022 年水務領域傑出創新大獎等獎項，而在強調綠色循環經濟的現今，透過雨水資源回收循環利用、土地用途重新規劃、節能技術的運用，也成為海淡廠設計的新標竿，未來在基礎設施的規劃上更能以全新的設計思維突破傳統框架來構思。



四、與新加坡公用事業局(PUB)交流海淡廠興辦與營運模式

新加坡公用事業局(Public Utilities Board, PUB)隸屬於新加坡永續發展與環境部(Ministry of Sustainability and the Environment, MSE)，負責監管和監督新加坡水資源系統，業務包括雨水收集管網與設施、水資源開發、排水工程規劃及土地資源規劃管理等，並確保水資源開發不受生活污水、工業廢水以及其他污染影響。

本次交流主要由 PUB 分享海水淡化廠興辦經驗(詳圖 15-18)並介紹 PPP 推動經驗及建議，PUB 以 DBOO(Design-Build-Own-Operate, PPP) 模式已有 7 座成功案例(海淡廠 3 座、新生水廠 4 座)，另外因 Jurong Island(裕廊島)海淡廠仍試運轉中，尚未完工驗收。

PUB 分享於推動 PPP 模式時，給付廠商價格應分別訂定固定支出和變動支出，固定支出是基於海淡廠可用容量的固定費用，變動支出為以實際供水量給付，另訂定費率時，應考量長期風險及未來成本變化，如通貨膨脹、燃料(電價)波動價格及基本利率(例如消費者價格指數)等因素，以確保廠商能順利執行。

PUB 分享 DBOO 項目的技術規範以績效為基礎，為得標廠商留有彈性空間，得使用創新和具有成本效益的策略，來提供一個能夠滿足指定性能的工廠水質和

水量設計。執行廠商主要承接建築和操作風險，因此，應給予他們確定或選擇各種設計的自由度，以能滿足性能參數要求，且在營運期間內，允許廠商改進或實施技術工廠效能，另 PUB 分享於 PPP 模式主要挑戰可分為三大類，分述如下：

(一)監控執行廠商的表現

- 1 以產水效能及水質標準作為廠商付款條件。
- 2 落實日常監控，作為是否給付契約價金的標準。
- 3 實施了全面的監控和審查系統，包括：重點水質在線連續監測參數、定期分析全面的水質由認可實驗室提供的參數以及召開定期審查委員會。

(二)管理 PPP 項目廠商關係

- 1 PPP 項目的長期、相互依賴的性質之間需要良好牢固的工作關係公共機構。
- 2 PUB 採取了積極的合作方式，並且保持持續的對話過程以分享意見和解決潛在的衝突。

(三)管理廠商組織的變化

- 1 執行廠商於興建營運期間，可能發生如退出主要合夥人或主要合夥人部分股權的剝離等事宜。
- 2 儘管有任何撤資或管理層變動，規範執行廠商證明不會損害公共機構利益。

最後，PUB 強調政府應扮演的角色為穩定供水，訂定契約時應考量執行時可能面臨的風險，明確規範與廠商間權利及義務，包括破產等面向，如海淡廠在遭遇財務困境無法正常營運時，便是依照契約來處理，才能迅速地解決難題。

對於採用促參方式興建之投資廠商，規範廠商營運期間須每季提報財務報表，並由 PUB 定期稽核財務情形，確保海淡廠商財務狀況良好，另經 PUB 回饋，海淡設備及技術日新月異，建議推動海淡廠時應保有廠商設計及創新的彈性，訂定基本標準及原則即可，其餘部分留給廠商發揮空間。

PUB 的 PPP 項目基本上進展順利（除了 TSDP），PUB 和特許經營公司採取合作方式，實現雙贏項目的實施。嚴謹的評選過程以確保選定的 DBOO 合作夥伴具有技術和財務承擔項目的能力。



圖 15、PUB 與參訪團員互相介紹



圖 16、PUB 介紹辦公環境



圖 17、PUB 辦公室水資源看板



圖 18、PUB 分享海淡廠推動模式

五、參訪 Marina Barrage 防潮閘門

Marina Barrage 防潮閘門(詳圖 19、20)所構成的河口水庫是新加坡第 15 個水庫，共有五條水道：新加坡河、加冷河、芽籠河、梧槽水道、史丹福水道匯入，蓄水面積達 1 萬公頃，相當於新加坡 6 分之 1 的國土面積，在低水位時，Marina Barrage 利用 9 個 29.75 公尺長和 5 公尺寬的冠型閘門來阻擋海水侵入集水區，而如果市區下起豪雨，冠型閘門會開啟，讓過量的雨水排入大海。而在下豪雨但又逢漲潮時，透過 7 台巨型立軸軸流泵，每個抽水泵一分鐘可排放相當於一個奧林匹克游泳池的水量(約 2,400 立方公尺)，將過量的雨水排入大海，幫助緩解市區內低窪地區的洪水。

2008 年 10 月 30 日防潮閘門完工後，透過暴雨的稀釋及排放出海的自然淡化過程，總溶解固體量(TDS)從 35,000mg/L 逐漸下降至 100mg/L，水體由鹹水逐漸轉變為淡水，透過管線輸送至上皮爾斯水庫(Upper Peirce Reservoir)或是提供吉寶濱海東海淡廠使用，為重要水資源設施。



圖 19、Marina Barrage 防潮閘門



圖 20、抽水泵室

Marina Barrage 防潮閘門耗時三年建設完成，首先必須要建設圍堰來擋水施工，鋪設基樁和澆鑄混凝土，其中工程重點為安裝冠型閘門，每道閘門需 40 個工人耗時 8 小時來放置定位，且為了防水，公差僅為 2 毫米，約是 2 張信用卡的厚度，總長 350 公尺，並透過冠型閘門及七個抽水機來維持水庫的水位(詳圖 21)。

防潮閘門除閘門本身外，還設有供民眾使用的設施，如孩童嬉戲的親水樂園，能提供頒獎典禮、表演或是企業活動的中央庭院，可舉辦研討會或企業活動的活動中心，以及可做為瑜珈教室、新聞發布會場的庭院室。上方的綠色屋頂採用 100%再循環的環保塑料和排水版製成，有綠色草地構成面積相當於四個足球場大小的屋頂花園(詳圖 22)，不但能發揮隔熱功能降低建築物表面溫度達 3 度，為下方的庭院遮陽擋雨，還提供民眾野餐、放風箏及眺望新加坡城市景觀的絕佳去處，讓水利設施能更貼近民眾的生活。



圖 21、冠型閘門控制機關

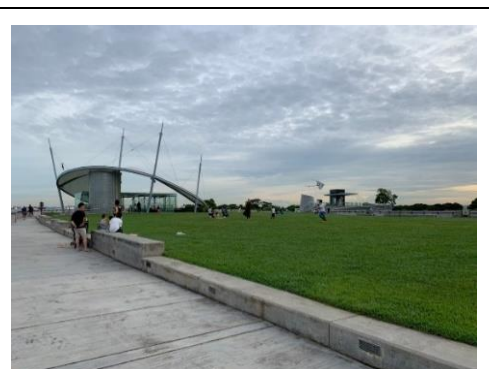
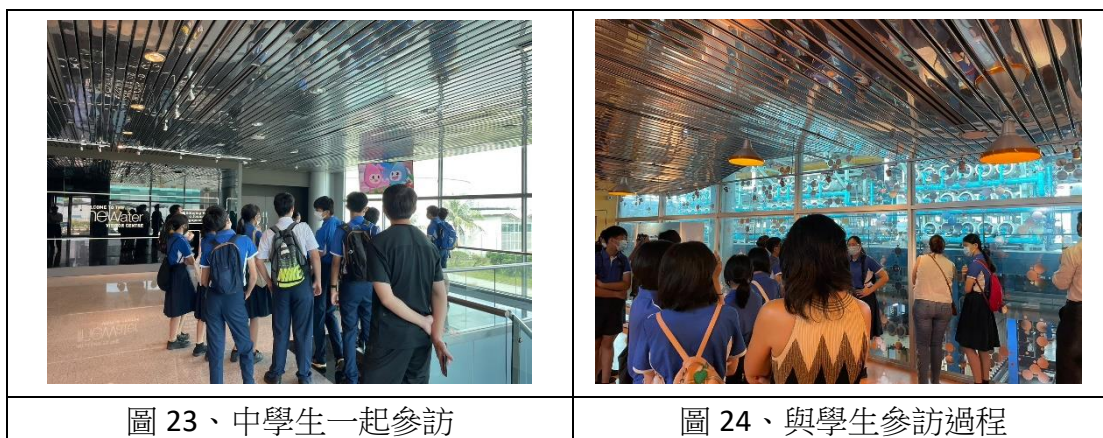


圖 22、綠色屋頂

六、參訪 NEWater Visitor Centre(新生水展示中心)

本次參訪的 NEWater Visitor Centre(新生水展示中心，簡稱該中心)是和新加坡首座新生水廠 Bedok NEWater Factory (勿洛新生水廠)結合的新生水展示中心，參訪日由專業解說員說明新生水的處理流程、新生水發展歷史以及節約用水的作法等觀念，參訪當日同時有新加坡中學生及老師一起參加，新加坡在水資源及節約用水等水環境教育上相當用心及投入，水資源儼然成為國安議題，從小就教育民眾每滴水都是非常珍貴的生活必要資源，值得我國借鏡(詳圖 23、24)。



新生水的第一道處理流程為 Microfiltration(微過濾)和 Ultrafiltration(超過濾)(詳圖 25)，透過孔徑 0.04 微米的中空纖維膜(詳圖 26)，去除大顆粒的汙染物，膜材質由 PVDF(聚偏氟乙烯)製成，有很強的耐腐蝕、耐衝擊、穩定性及柔韌性，可有效防止纖維斷裂，延長膜使用壽命。

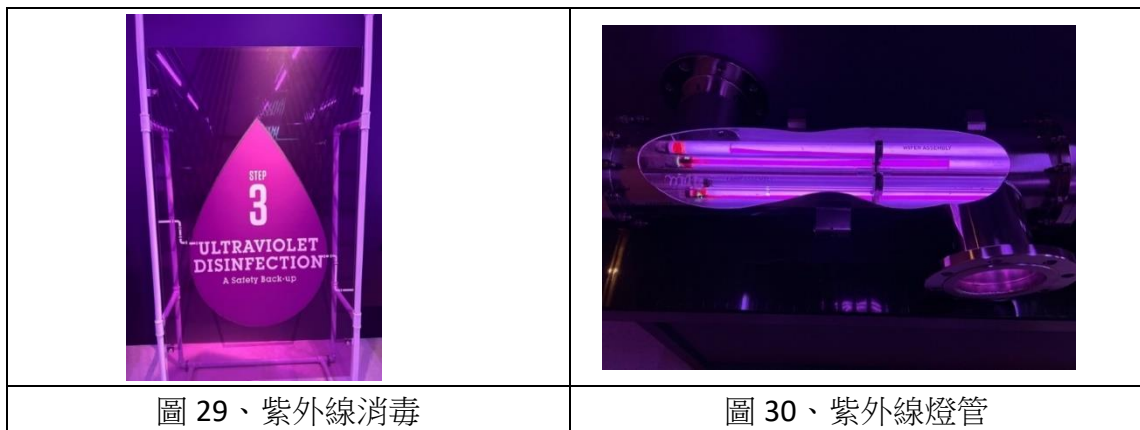


第二道處理流程為 Reverse Osmosis(逆滲透)(詳圖 27、28)，每個壓力管以多達 259 平方公尺的膜組成，只允許水分子等極小顆粒通過半透膜，藉此去除更微

小的污染物，細菌、病毒、重金屬、殺蟲劑等物質均無法通過膜，通過此處理流程的水已相當乾淨。



為了更確保新生水的水質，還需要經過第三道處理流程：紫外線消毒(詳圖 29、30)，透過高達 800 度的紫外光來消滅水中所有的有機體，達到殺菌消毒的作用。最後調整新生水的 pH 值，便可透過管線送至工業使用，少部分則輸送至水庫或蓄水池作為補充水源。



除了介紹新生水外，該中心還扮演推廣節水的角色，2018 年新加坡每人每日用水量為 141 公升，目標為 2030 年時降低至 130 公升，透過日常生活習慣小小的改變，例如用洗碗籃代替直接用水龍頭沖洗、洗車以水桶代替水管、以水盆代替水管澆花等，便可以在無形之中保留珍貴的水資源，以新加坡人口約 550 萬人計算，只要每人節水 10 公升，一天就可以省下 23 座奧林匹克游泳池的水量。

除此之外，該中心還介紹 (virtual water) 虛擬水觀念：除了飲用、洗濯、淋浴外，在生產食物及產製產品也是會消耗水，而這些隱藏起來被消耗的水就稱為

虛擬水。藉由一個有趣的互動裝置(詳圖 31、32)，只要點擊食物或是產品的圖示，就會顯示所消耗的虛擬水量，一杯咖啡會需要 132 公升的水，一公斤的雞肉會需要 4,330 公升的水，一公斤的牛肉會需要 15,400 公升的水！讓民眾能更清楚日常生活的一切都是離不開水，也能更了解到珍惜水資源的重要性。

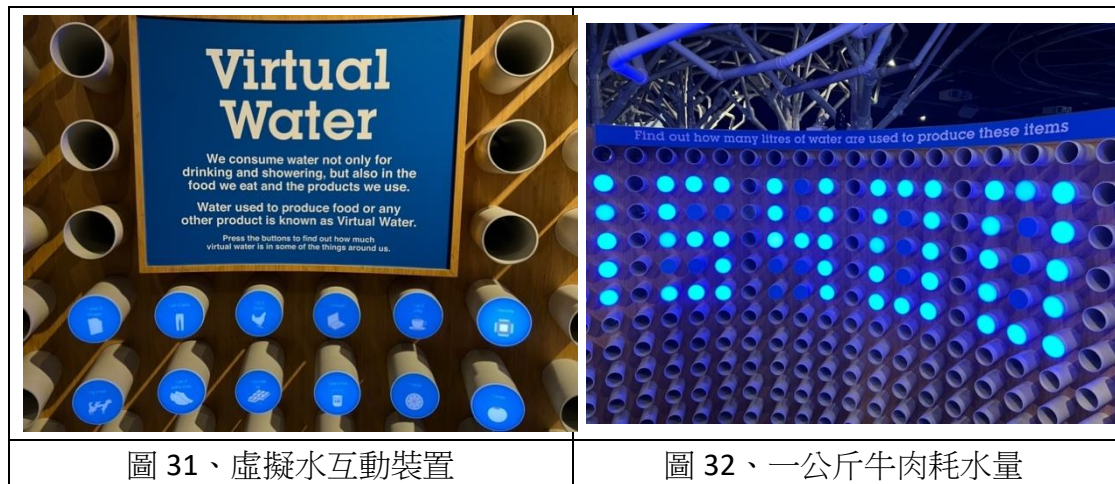


圖 31、虛擬水互動裝置

圖 32、一公斤牛肉耗水量

為了能更有效率的增加污水回收的比例，新加坡公用事業局構思和建置本世紀水資源重要項目之一：深隧道下水道系統(Deep Tunnel Sewerage System，簡稱 DTSS)，DTSS 全期項目為建置兩條橫跨全島的大型深隧道、三座集中式污水回收廠、深海排水管以及能連結全國下水道的網絡(詳圖 33)，每日廢污水處理量可達 160 萬立方公尺。深隧道直徑為 3.3 公尺至 6 公尺，由三層構造所組成，由外而內第一層為 250 公釐厚的預鑄混凝土，第二層為 225 公釐厚的場鑄混凝土，第三層為防腐蝕的 HDPE 或 PVC 管，埋設深度為地下 33 公尺至 55 公尺，由於是透過重力的方式收集污水，因此能節省許多的能源，進一步降低營運操作費用。

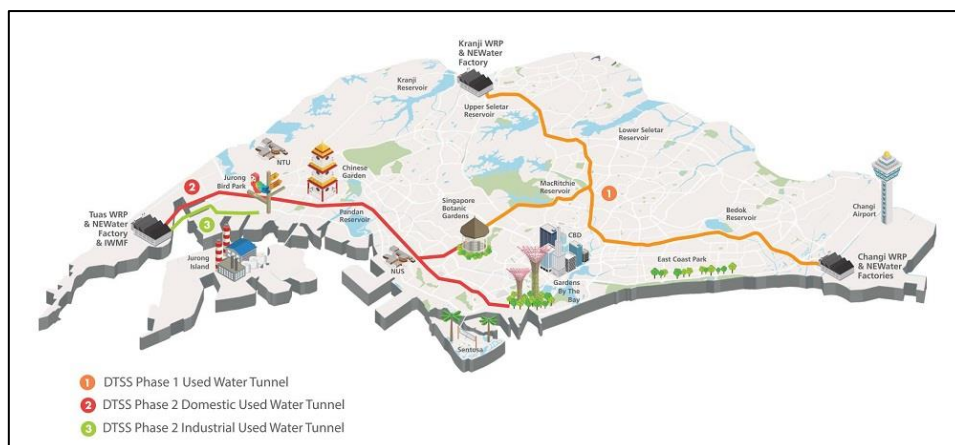


圖 33、DTSS 全期計畫圖 (圖片來源：新加坡公用事業局網站)

建置 DTSS 前，新加坡是由 6 座污水處理廠及分佈於全島大大小小 131 座中繼抽水站來組成污水處理系統，將污水送至新生水廠前須經過多次的加壓輸送。而當 DTSS 建構完成後，將能取代原本傳統污水處理廠、新生水廠、中繼污水抽水站的功能，以單一大直徑的隧道來收集污水，並統一進行一次性的污水抽水，預計能釋出約 150 公頃的土地重新規劃利用。透過高效率且全面性的回收污水，將每一滴用過的水都能被收集、處理、並淨化為可再利用的水資源，一方面可降低污水污染集水區的風險，一方面可確保新生水的可持續性，完成最終新生水達到 55% 水源供應的目標。

七、新加坡海淡廠技術交流

Grupo Cobra 負責新加坡 Tuas(大士)海淡土木工程、設備採購及熱電工法等施工，並與新加坡當地廠商合作共同興建及含 2 年代操作。本次交流 Grupo Cobra 介紹 Tuas(大士)海淡廠工程執行及操作上遭遇困難及解決方案(詳圖 34、35)，於工程設計上，因考量海淡水併入供水管網設備安全，設計防止水錘設施之洩壓閥(詳圖 36)。另 PUB 注重反恐及防爆設施，海淡廠需有防爆牆及隔離帶設計(詳圖 37)，除有設置保全掌握進出人員外，設施安全防護需納入考量。

另 AECOM 公司曾參與 Keppel Marina East Desalination Plant (吉寶濱海東)海淡廠工程設計，並招攬 Jurong Island(裕廊島)海淡廠工程設計及施工之專案負責人，會中由 AECOM 公司分享 Jurong Island(裕廊島)海淡廠設計及興建過程(詳圖 38、39)，該廠於 2022 年完成，參訪是日試運轉中，無法安排現地參訪，該廠主要供應裕廊島工業區工業用水使用，係新加坡唯一從鄰近電廠直接供電的海淡廠，每日產水量約 13.7 萬噸。

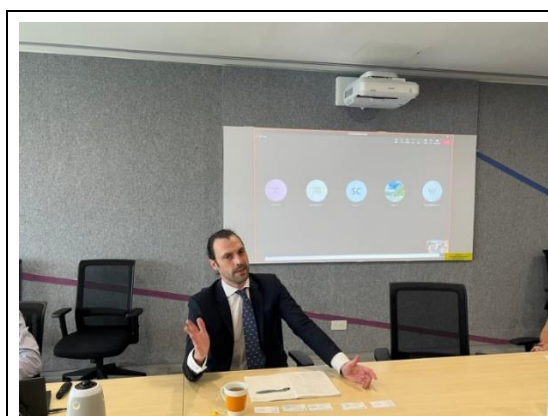


圖 34、西班牙 Grupo Cobra 分享施工

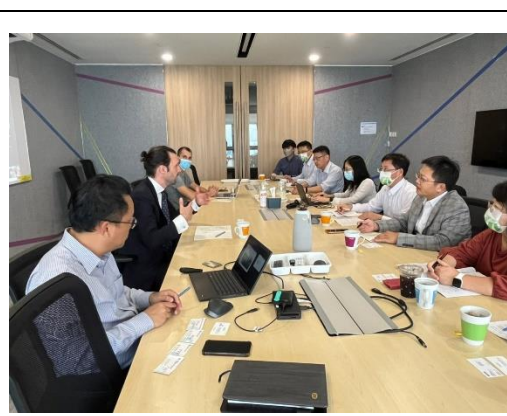


圖 35、現場會議交流

	
<p>圖 36、防止水錘設施之洩壓閥</p>	<p>圖 37、防爆牆及隔離帶</p>
	
<p>圖 38、同步與國內機關專家視訊交流</p>	<p>圖 39、AECOM 分享海淡廠設計</p>

伍、心得及建議

- 一、新加坡地狹人稠，多達 550 萬的人口生活在約 700 平方公里的土地上，缺乏天然含水層或地下水，因此常面臨水資源短缺的挑戰。為了突破困境，新加坡在 50 年前便規劃科技造水，從 1990 年建造第一座 NEWater 新生水廠，2005 年建造第一座海水淡化廠，目前共有 5 座新生水廠及 5 座海水淡化廠營運中，成功扭轉缺水的困境，解決國家用水安全的威脅，還握有高端的水處理技術可以輸出給其他國家。
- 二、新加坡與同樣是屬於島國的台灣，有相似的年降雨量、降雨豐枯不均，水資源利用與管理的困境，新加坡公用事業局透過推動廢污水排放管制、新生水處理、興建海淡水及國土規劃等多方面水資源政策，培養專業技術人員，扶植國內水資源相關產業，以提昇國際競爭力，其成效值得臺灣借鏡參考。
- 三、新加坡 5 座海水淡化廠中，僅 Tuas(大士)海淡廠採 EPC(統包)模式，其設計緣由主要為培養 PUB 人員海淡廠設計及營運專業技術、提供國際海水

淡化設備試驗場所及掌握供水彈性自主等原因，因此特採用 EPC(統包)發包興建，後續臺灣於評估海淡廠推動模式可參酌其設計初衷。

- 四、新加坡因土地面積小，其基礎設施須與環境、民眾生活結合，使土地利用達最大效益，不論是吉寶濱海東海淡廠或是 Marina Barrage 防潮閘門都有供民眾使用的規劃，像是提供綠地遊憩、展演空間，讓民眾生活中也能貼近這些設施，無形之中也讓民眾對政府基礎設施的觀感及接受度提高，這也是台灣未來水資源設施可以學習的長處，讓民眾除了能喝好水，還能親近水。

陸、參考資料

- 一、 Singapore Internation Water WeeK (<https://www.siww.com.sg/home/program/technical-site-visits/keppel-marina-east-desalination-plant>)
- 二、 新加坡公用事業局網站 (<https://www.pub.gov.sg/dtss>)
- 三、 Passion Made Possible (<https://www.visitsingapore.com/see-do-singapore/architecture/modern/marina-barrage/>)
- 四、 Internet Archive (<https://web.archive.org/web/20101224002853/>)
- 五、 Channelnewsasia (<http://www.channelnewsasia.com/stories/singaporelocalnews/view/1094602/>)