

香港首間三級污水處理廠及污水循環再用試驗計劃 – 昂坪污水處理廠及資訊中心

黃志強
香港渠務署署長

黃緒勤
香港渠務署高級工程師

莫永昌
香港渠務署工程師

提要

本文概述昂坪污水處理廠工程計劃的規劃、設計及建造，包括我們在各階段所遇到的挑戰及如何克服困難、昂坪污水處理廠所採用的三級污水處理技術，和污水循環再用試驗計劃等詳情。這項工程所提供的寶貴經驗，可為日後其他污水處理廠工程計劃提供有用的參考。

關鍵詞

三級污水處理、廢水排放輸送管道、污水循環再用，再造水。

1. 引言

位於香港大嶼山，由東涌至昂坪的吊車計劃及其相關旅遊發展設施將於二零零六年年中落成。這些發展項目啓用後，將吸引大量遊客並產生大量污水。為解決上述旅遊發展項目所帶來的污水收集、處理及排放等問題，香港特別行政區政府渠務署於二零零一年年底聘請工程顧問公司，為相關工程進行研究及設計。昂坪污水處理廠工程於二零零三年八月展開，並於二零零五年年底完成。工程造價約二億四千萬港元，包括建造昂坪污水處理廠和一條長約 5.7 公里的雙管式輸送管道，將處理後的廢水帶往大嶼山南面的東灣排放，以及污水循環再用設施。

2. 工程規劃、設計及建造

我們在此項工程的規劃、設計及建造過程中，面對過不同的挑戰。經我們的努力，最終成功克服所有困難，如期完成此項工程計劃。

採用三級污水處理水平的原因

現時香港主要採用二級或化學輔助一級技術來處理生活污水。在決定於昂坪污水處理廠採用三級處理水平前，我們曾經考慮不同的污水處理及排放方案，包括將污水在昂坪山上經三級處理後直接排放到附近河流，或將污水經輸送管道傳送到山下一適當位置作二級處理及排放。但昂坪位處大嶼山石壁水塘集水區中心點及鄰近郊野公園，屬環境敏感的地區，爲了保護集水區及鄰近地區的水質，香港對於在此等地區排放廢水規管嚴格。我們就着各個不同方案，在環境、風險、技術、成本及時間等方面都作出很詳細的研究。經詳細評估後，昂坪污水處理廠最終採用三級處理水平，並選址在昂坪山上就地處理污水，以避免輸送污水時候管破裂帶來污染。昂坪污水處理廠成爲香港首間三級污水處理廠，每日的最高污水處理量約三千立方米。

廢水排放輸送管道

最初的設計是把經昂坪污水處理廠處理後的廢水，輸往大嶼山西面的一個歷史悠久的漁港 - 大澳 - 作排放(見圖 1 - 大澳方案)。雖然此排放方案已在工程的環境影響評估研究中，被確認為最佳方案，但大澳的居民認爲將處理後的廢水直接排放入大澳海域，會影響此海域的水質，所以並不接受我們的研究結果和堅決反對大澳方案。在二零零四年四月至九月間，大澳居民、大澳鄉事委員會、部份離島區議會及立法會的議員發起一浪接一浪的反對行動。我們多次向居民及有關人士，就此工程計劃的環評研究結果及經三級污水處理後的良好水質作詳細解釋，惟仍未能取得他們同意。作爲一個負責任的政府部門，我們不欲因工程影響政府與當地居民的關係，而且工程時間緊迫，工程施工進度可能因而有所阻礙。因此，我們緊急地進行一連串的額外研究，評估將處理後的廢水於大嶼山其它水域排放的可行性。爲確保工程能準時完成以配合昂坪吊車的落成日期，當初步得出的研究結論顯示在大嶼山南面東灣海域排放(見圖 1)，在環境影響、技術及時間上均可接受後，我們即向環境諮詢委員會、郊野公園委員會、離島區議會、多個環保團體及有關居民進行了大量的諮詢工作，以確保最終選擇的排放點能得到支持。由於得到相關政策局、我署的管理層及其它政府部門大力支持和協助、同事及工程顧問公司日以繼夜的工作，我們終能於短短的六個月時間內，完成所有額外研究，通過環境影響評估條例，取得所有有關團體及地區人士的支持。最終能根據當初定下的時間表，將工程合約於二零零三年八月如期批出。



圖 1 - 排放輸送管道：大澳方案及東灣方案

就東灣排放方案對環境影響所作出的環評研究非常詳盡。研究涉及各方面潛在的環境影響，包括對水質、生態、漁業、植物、空氣質素、噪音、廢物管理、景觀及文化遺產等影響，進行審查。結果顯示東灣方案對環境所造成的影響屬可接受程度。

管道滲漏或爆裂的風險評估

東灣排放方案的一段輸送管道在一個大型水塘 - 石壁水塘 - 的安全緩衝區(即 100 米)範圍之內,我們關注到管道滲漏/爆裂的風險和對石壁水塘存水的影響。為回應這些關注,我們對這段管道進行詳細的風險評估研究。有關的風險評估研究報告顯示,在採取紓緩措施後,按既定的風險標準來說,管道滲漏/爆裂的風險及影響均屬可接受程度。在輸送管道的設計中採取的紓緩措施包括雙管道系統(每條管道的直徑為 200 毫米)、地下水監察系統和為接近石壁水塘一段約 1700 米的管道特別設置滲漏收集系統。裝置地下水監察和滲漏收集系統會增加管道的建造和維修成本。由於大澳排放方案,毋須裝置這些系統,額外的成本及管道滲漏的風險,正是東灣方案未及大澳方案的主要原因。不過,在「以人為本」的大前提下,最重要的是工程方案為各方所接受,相比之下,這些成本的輕微增加,實非關鍵所在。

融合環境的設計

昂坪污水處理廠的另一特色是建築物的外觀設計。座落於昂坪的天壇大佛及寶蓮禪寺是香港著名的旅遊景點。由於污水處理廠鄰近天壇大佛及即將開幕的吊車站,為減少污水處理廠的外觀對附近環境構成景觀及視覺上的影響,我們將污水處理廠的大部分廠房設施置於地底下,並盡量減低廠房的高度。我們亦小心研究了昂坪一帶建築物的外貌,並設計了一組外觀上富有鄉村色彩的建築物,覆蓋著機械裝置,以確保昂坪污水處理廠的外貌與四周的環境及建築物和諧融合(見圖 2)。此外,我們在污水處理廠範圍廣植花草樹木,以綠化環境(見圖 3)。



圖 2 - 昂坪污水處理廠經綠化後的外觀



圖 3 - 昂坪污水處理廠內綠化地帶

緊迫的施工時間表

為配合由東涌至昂坪的吊車計劃及其相關旅遊發展設施的施工時間表,這項結合土木建築及機電裝置,耗資約二億四千萬元的工程合約施工期為二十六個月。由於工地位於偏遠的大嶼山昂坪,唯一與市區連接的東涌道及嶼南道均為限制車輛使用的道路,所有使用該等道路的車輛必須持有由有關部門發出的有效通行證。這些限制在運輸建造物料、機械及建築廢料方面構成嚴重問題。加上沿現有道路敷設廢水排放輸送管道涉及大量的掘路工程,為減低對交通所造成的影響,我們對承建商掘路的路段數目及各段的長度均作詳細研究。在徵得各有關部門的同意後,將安排及要求清楚在工程合約內列明。施工期間,承建商須嚴格遵守經核准的交通影響評估,環境影響評估報告及環境許可證內有關規定,並落實交通管理及紓減環境影響措施。面對緊迫的施工時間表和上述種種困難,經我署、工程顧問公司、承建商、有關部門及人仕的努力和緊密合作下,是項工程計劃最終能順利在吊車計劃啓用前數月按時完成。

3. 昂坪三級污水處理程序

昂坪污水處理廠所採取的污水處理程序大致上可分為兩種，即污水處理和污泥處理。

污水處理

昂坪污水處理廠是採用順序分批式反應器技術，加上雙濾層濾池及紫外光消毒，以減少污水中的有機污染物、懸浮固體、營養物及病原微生物。

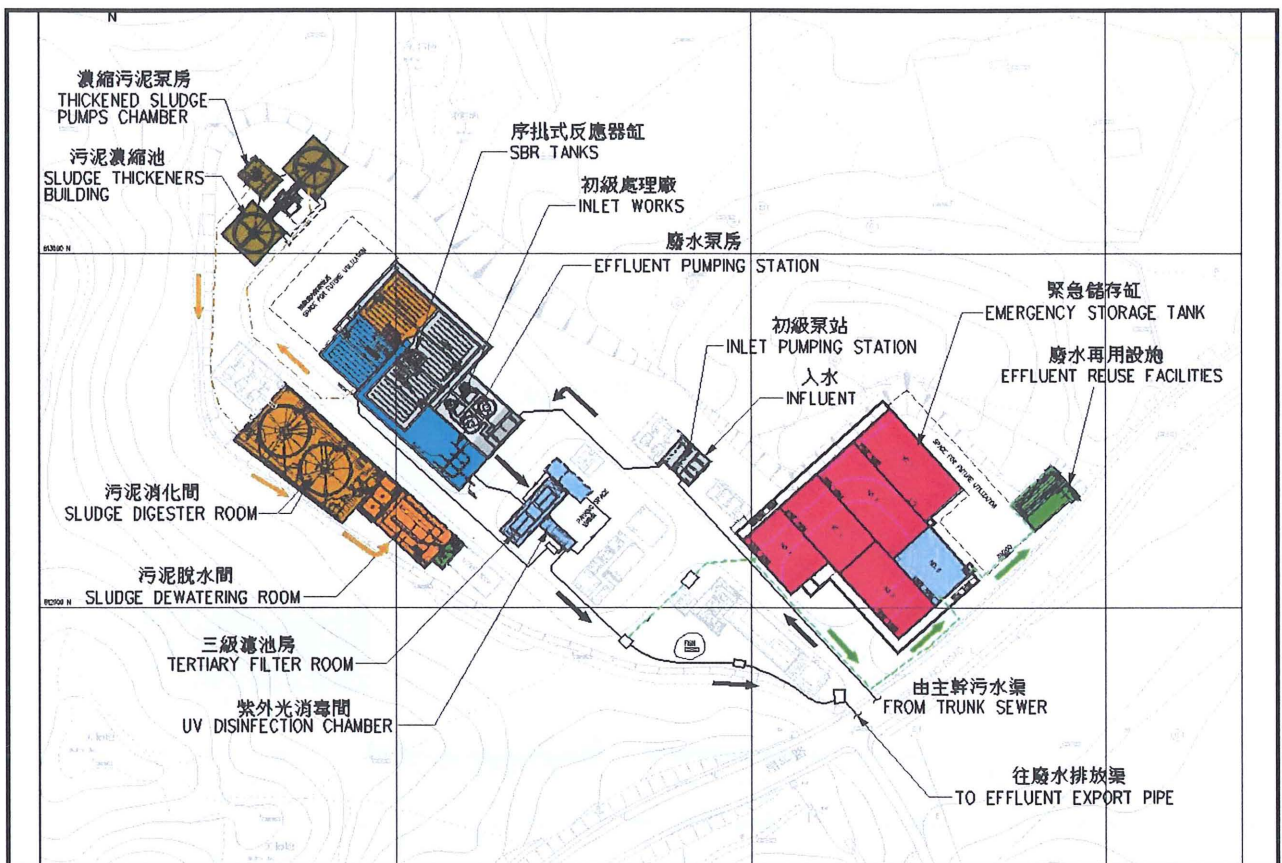


圖 4 - 昂坪污水處理廠平面圖

昂坪污水處理廠設計參數如下：

表 1：設計流量

高峰日子平均旱天流量	每天 3000 立方米
一般暴雨下的高峰流量(高峰日子)	每秒 0.11 立方米
嚴重暴雨下的高峰流量(高峰日子)	每秒 0.13 立方米
一般日子平均旱天流量	每天 1524 立方米

表 2：未經處理污水水質

	一般日子(毫克/公升)	高峰日子(毫克/公升)
5 天生化需氧量	520	450
化學需氧量	1300	1120
油脂	85	74
懸浮固體	520	450
氨氮	29	29
有機氮	19	19

表 3：經處理的污水水質標準

5 天生化需氧量	<10 毫克/公升(屬第 95 個百分位)
懸浮固體	<10 毫克/公升(屬第 95 個百分位)
氨氮	<1 毫克/公升(每年平均值)
硝酸鹽 + 亞硝酸鹽氮	<6 毫克/公升(每年平均值)
大腸桿菌	<100 顆/100 毫克(幾何平均數)

昂坪污水處理程序可分為初級污水處理、二級污水處理、三級污水處理及消毒等四個階段。整個污水處理程序載於以下示意圖：

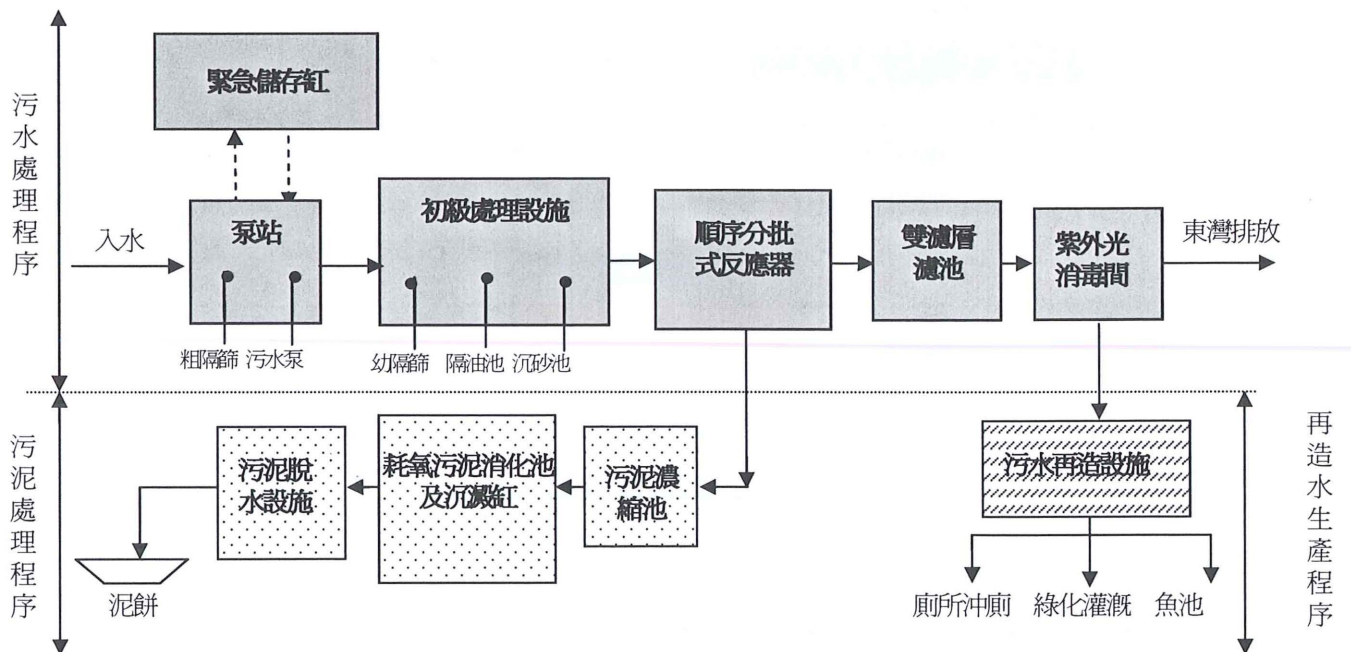


圖 5 - 昂坪污水處理流程圖

初級污水處理： 移除大塊物質、篩除物和砂礫，以保護下游污水處理程序。這種污水處理程序包括使用幼那篩、旋轉式沉砂池和隔油池。



圖 6 - 粗隔篩



圖 7 - 旋轉式沉砂池

二級污水處理： 二級污水處理程序主要是用來移除大部分生化需氧量，懸浮固體以及營養物。昂坪污水處理廠所採用的為順序分批式反應器。此反應器的優點是結合傳統二級污水處理的各個步驟順序完成 (1 - 反應；2 - 沉澱；3 - 傾注)。反應器內可分為三個區，分別為出水區、緩衝區和污泥層區(見圖-8)。傾注的深度應與入水區的深度一致。以下示意圖顯示所採用的順序分批式反應器的各個處理步驟。

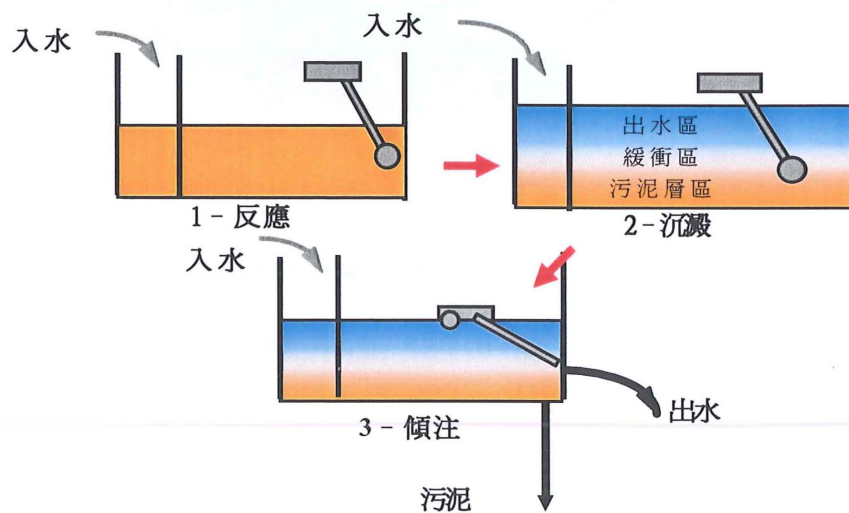


圖 8 - 順序分批式反應器運作流程圖

順序分批式反應器會重覆完成曝氣、混合、沉澱和傾注等運作流程。在每個階段都預設了特訂時間以達致去除污水中的污染物(見表 4)。日常運作中，我們通常使用正常循環模式。當污水流量增加，電腦控制系統會相應地採用高峰循環模式或暴雨循環模式，以應付需要。

表 4：操作模式每一個階段所需的時間

	正常循環	高峰循環	暴雨循環
曝氣	3.0 小時	2.4 小時	1.8 小時
混合	1.0 小時	0.8 小時	0.6 小時
沉澱	1.0 小時	0.8 小時	0.6 小時
傾注	1.0 小時	0.8 小時	0.6 小時
總時間	6.0 小時	4.8 小時	3.6 小時

除了操作模式的控制外，我們在順序分批式反應器內設置及實施溶解氧控制系統及污泥存量的控制，以達致處理污水的目標。在溶解氧控制系統運作下，我們將污水中的溶解氧量保持在理想水平。例如太高的溶解氧量會妨礙脫氮過程。一般水平為每公升 2.0 毫克，低水平為每公升 1.0 毫克，高水平為每公升 4.0 毫克。在污泥存量的控制系統運作下，我們將留在順序分批式反應器內污泥的數量控制及泥齡控制在約 9 天的理想水平。

三級污水處理：移除營養物的程序大部分在順序分批式反應器內完成。但如要達到表 3 所顯示的排放標準，廢水還需要經過一個雙濾層濾池(見圖-9)以提升廢水的水質。雙濾層媒體採用了無煙煤(0.6 米厚)和沙粒(0.3 米厚)，並將無煙煤設置在上層。在過濾的過程中，廢水流向是從上而下，讓上層的無煙煤隔去較大的固體。此設計的優點可減輕其下沙粒層的負荷，並改善沙粒層的堵塞情況，削減雙濾層濾池回洗次數。

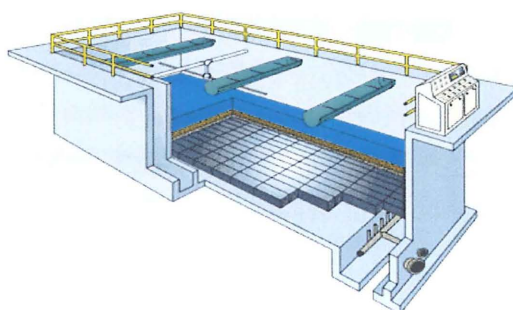


圖 9- 雙濾層三級濾池

消毒：污水含有多種不同與水傳人類腸臟疾病有關的微生物。消毒是指消滅污水內的致病微生物。昂坪污水處理廠採用了紫外光燈消毒技術。

污泥處理

污泥處理程序可再分為污泥濃縮、污泥穩定和污泥脫水程序等三個階段。

污泥濃縮程序：污泥含有大量水份，須加以濃縮以減少其體積。經濃縮的污泥在進行下游的穩定程序時所需的貯存缸容量和化學品劑量較少，在運輸時亦只須使用較小型的渠管和輸送泵設施。污水處理廠所採用的污泥濃縮設施為重力污泥濃縮池。

污泥穩定程序：穩定污泥的主要目的是要減少病原體、消除臭味，以及防止有機物質腐爛。這座污水處理廠所採用的程序為耗氧消化程序。

污泥脫水程序：污泥有需要進一步移除水份，以使用貨車把污泥運往棄置。根據香港環境保護署的規定，所有棄置在堆填區的污泥必須含有最少 30% 固體。這座污水處理廠所採用的脫水設施為膜式壓濾機系統。



圖 10 - 膜式壓濾機系統

4. 污水循環再用試驗計劃及資訊中心

污水經三級處理後的水質甚佳，是試驗污水循環再用的一個好機會。香港特別行政區政府遂推行全港首個污水循環再用試驗計劃，將部份經三級處理後的污水進行額外的加氯程序成為「再造水」，然後輸往毗鄰的吊車站及其他景點的公用廁所作沖廁用途，並於昂坪污水處理廠內作沖廁、養魚及有限制的灌溉之用。上述加氯程序是為防止細菌於供應管道內再生，以確保「再造水」水質不會因長時間貯存而轉差。香港特別行政區政府有關部門會密設監察，經此項試驗計劃獲得的寶貴經驗，將有助檢討及評估污水循環再用的可行性。



圖 11 - 「再造水」標誌及標語設計



圖 12 - 「再造水」供給養魚池使用

我們於污水處理廠內已建成一所資訊中心，免費開放給市民參觀，毋須預約。我們希望更多市民、遊客前來參觀，透過實物展品、電腦動畫及互動遊戲向他們介紹有關污水處理、再造水使用，及全面水資源管理方面的知識。並會安排學校、業內人仕、相關政府部門、環保團體等參觀及作更詳盡的介紹。



圖 13 - 資訊中心外貌



圖 14 - 資訊中心內貌

5. 結論

由於淡水資源日趨短缺，為確保香港有足夠水源，以配合可持續發展的需要，香港現正積極推行「全面水資源管理」計劃，措施涵蓋節約用水、保護現有水資源，以及開發新水資源等主要範疇。「全面水資源管理」計劃其中一個重點項目，就是在昂坪污水處理廠進行污水循環再用，或稱「再造水」使用。昂坪污水處理廠是全港首間三級污水處理廠，採用生物、過濾及消毒等高級技術處理污水，以符合香大嶼山南面水域的高排放標準。這些經三級處理的廢水，再額外加氯後便成為有用的「再造水」。昂坪三級污水處理廠、輸送管道及污水循環再用設施已順利於二零零六年三月全部完成。整個工程項目由規劃、進行環評、諮詢公眾、安排土地以至興建，在短短的四年多時間內完成，對於一個包括土木建築及機電裝置，耗資約二億四千萬元的工務工程來說，可以說是香港的一個紀錄。就「再造水」試用計劃方面，我們會就技術、行政、成本效益、以及市民接受程度等各方面進行評估，並會研究將來更廣泛在各區使用「再造水」的可行性，以便為香港的「全面水資源管理」制定一套長遠的策略。昂坪三級污水處理廠及相關的污水再用設施的啓用，標誌着香港「全面水資源管理」計劃的一個重要里程。