

# 澳門九澳水庫改善初步構想研究

蔡文豪<sup>1</sup> 林家輝<sup>2</sup>

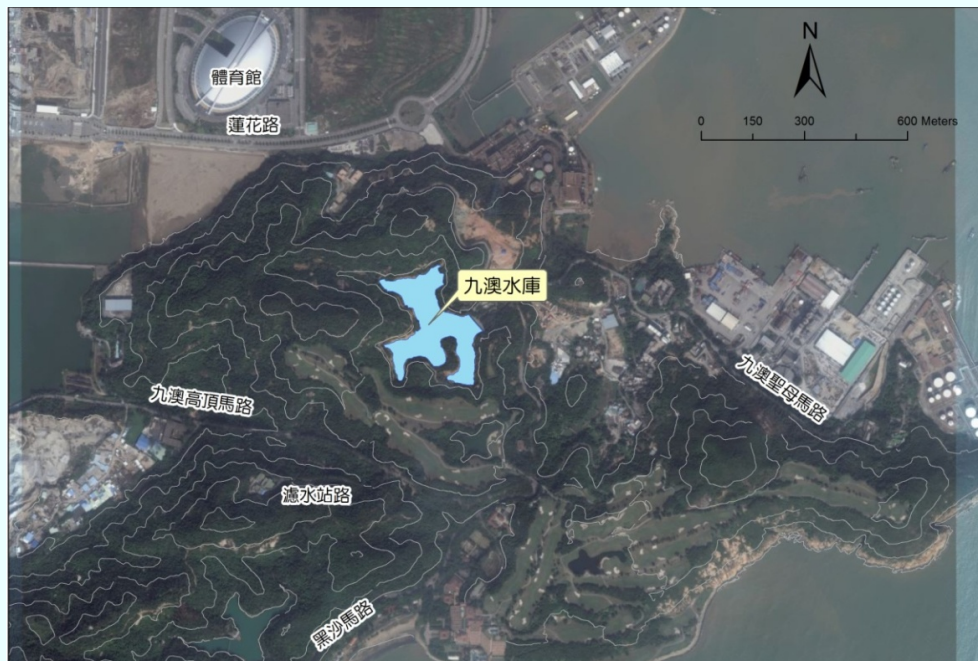
<sup>1</sup> 中興工程顧問股份有限公司水利部經理、台北市水利技師公會常務監事

<sup>2</sup> 中興工程顧問股份有限公司水利部計畫主任、台北市水利技師公會理事

## 摘要

針對澳門地區之「九澳水庫」，研擬其擴容改善之各項工作建議，並綜合建議其相關之「水資源」、「水治理」、「水環境」、「水管理」等工作的改善方向與方法。以及針對水庫營管階段之水管理有關的「水資源」、「水治理」、「水環境」水土資源管理事務研提相關建議。

**關鍵字：**九澳水庫、擴容改善、水資源、水治理、水環境



## 一、前言

本研究以 2010 年澳門特別行政區港務局委託珠江水利委員會珠江水利科學研究院就澳門地區之水資源發展情勢，以及九澳水庫及其周邊設施的現況條件，進行規劃檢討，並編製成之「九澳水庫擴容及加固工程可行性研究報告」為基礎，研提「九澳水庫擴容改善構想」。前述該報告已就九澳水庫及其周邊設施，做清楚的功能需求分析與水庫定位，並提出階段性的結論與建議。依現階段的研究成果，可明確知悉「九澳水庫」定位為澳門路環地區之重要水利設施，其功能為澳門水資源運用之「備源水庫」，除水資源運用外，並兼具水治理、水環境等多目標功能，以及因應水庫擴容完成後之水管理工作。故「九澳水庫擴容改善構想」方案，基本上為路環地區水資源綜合發展計畫之重要方案之一，其含蓋的層面包括區域水資源運用、設施安全及防災、水環境營造、水管理及營運等工作項目。本研究係進一步研提澳門九澳水庫改善構想之區域水資源運用、設施安全及防災、水環境營造、水管理及營運等工作項目。有關九澳水庫位置如圖 1 所示，圖 2 則為九澳水庫與其周邊區域之概況圖，圖 1、圖 2 為本研究之主要計畫範圍。



圖 1 九澳水庫計畫位置圖



圖 2 九澳水庫與計畫區域概況圖

## 二、綜合敘述

澳門特別行政區由澳門半島(北)、氹仔島(中)及路環島(南)等三個島嶼所組成，其中澳門半島與氹仔島間以三條橋梁連接，氹仔島與路環島間海域已填海造地成為路氹填海區新生地，本研究位置即位於路環島東南側九澳村。

澳門地區受限於澳門地形條件與社經高度開發，澳門水資源供給主要依賴珠海市供應。澳門境內蓄水庫有 4 座，包含大水塘 190 萬  $m^3$ 、石排灣 45 萬  $m^3$ 、九澳水庫 40 萬  $m^3$ 、黑沙水庫 20 萬  $m^3$ ，合計總庫容

約 295 萬  $m^3$ 。依 2012 年澳門地區平均用水量統計資料，目前日平均用水量約 21 萬  $m^3/day(cmd)$ 。由此可知，依日平均用水量，澳門境內既有蓄水容量顯得較小，為提高淡水保障供水日數，應盡量提高蓄水量，以降低缺水風險，故九澳水庫蓄水功能必須加強。此外，九澳水庫位於澳門路環半島東南側緩丘陵，四面環海，受熱帶季風影響，降雨量多、暴雨強度大，年平均降雨量約 2,030mm/年，且下游有九澳村聚落，故九澳水庫操作功能也應加強防洪操作。

再者，澳門地區地狹人稠，自然景觀環境主要集中在路環島，為提供自然生態教育等不同生活體驗與市民休憩空間，九澳水庫可另加強景觀休憩功能。綜上，九澳水庫宜符合供水、防洪與景觀休憩等功能，方符合澳門地區水土資源綜合發展。

九澳水庫興建於 1970 年代左右，水庫集水區域面積約 0.241 $km^2$ ，正常滿水位為 EL 48.2M，滿水位面積約 0.06  $km^2$ ，蓄水容積約 45.4 萬方。九澳水庫大壩為混凝土重力壩，壩身長 85M，壩頂高程 EL 49.7M，最大壩高 16.1M，壩上游面直立、下游坡度 1V:0.8H，兩側為非溢流段、中間為溢流段，寬 15M，為 WES 堰，堰頂 EL 48.2M。目前大壩下游並無消能工，而排洪放水渠道亦未建設完全，下游緊鄰九澳村，未來設計時應注意其排洪及潰壩後可能危害。工址環境現況如照片 A、照片 B、照片 C、照片 D、照片 E、照片 F、照片 G、照片 H、照片 I、照片 J、照片 K、照片 L 所示。



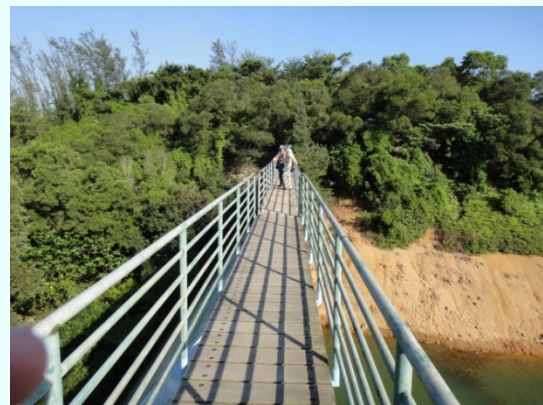
A：大壩下游面



B：大壩上游面



C：溢流段(WES 堰)及壩頂橋梁



D：壩頂橋梁



E：大壩下游側(無消能設施)



I：壩下游燒烤區



F：右壩座



J：大壩右岸戶外體驗營



G：左壩座



K：環湖徑



H：壩下排水渠



L：現有墓地

### 三、重要成果

參考「九澳水庫擴容及加固工程可行性研究報告」及現況環境背景可知，為落實九澳水庫擴容後之水資源、水治理、水環境等計畫目標，需檢討擬定「九澳水庫擴容改善構想」之後續設計構想及方向，俾利作為編製後續「基本計畫」及「施工計畫」各項工作的參辦依據。

在辦理「九澳水庫擴容改善構想」作業程序時，需先整合及規劃九澳水庫多目標間之關係，再依據目標間之界面關係，擬定設計構想與方向，作為後續「基本計畫」及「施工計畫」的規劃設計之參照依據，故現就本計畫之目標評析、設計構想及方向，簡述如下：

#### (一) 目標評析

九澳水庫為一水資源運用計畫，故在後續設計階段，需先依據上位計畫的指導原則、現況設施的空間與限制、多目標功能的需求、未來管理的應辦事項等工作，進行設計階段各工作項目的目標分類，作為計畫分工的參考依據。表 1 為建設及營管階段各目標分類下之工作分工表，從表 1 可知，未來建設階段將以水資源為主目標，水治理、水環境為次目標的工作權重分配，至於營管階段，則以水管理為主要工作權重分配。

因九澳水庫及其周邊設施，興建於 20 世紀 70 年代左右，目前之壽齡約 40 餘年，但其興建後之營運管理，因主客觀條件均有所不足的情形下，始終未能發揮水庫多目標之水資源(含設施安全)、水治理(含防災)、水環境(含遊憩)、水管理(有效率)的多目標功能。

未來在進行「九澳水庫擴容改善構想」各項工作時，宜充分考量建設階段之主導工作「水資源」運用，輔以「水治理」、「水環境」、「水管理」工作的結合，另營管階段之水管理工作，係整合建設階段「水資源」、「水治理」、「水環境」之水土資源的管理事務及操作規則。

表 1 九澳水庫擴容計畫之目標分工

建設階段	工作項目	基本資料	工作項目	
	目標			
建設階段	水資源 (主目標)	1. 地形測量 2. 地質鑽探	1. 入庫日流量分析 2. 供水量分析	1. 現有水庫安全性評估 2. 環境影響評估 3. 拆除現有水壩工程或加固現有水壩工程 4. 新建大壩工程 5. 水庫擴容工程 6. 水庫防漏工程 7. 九澳水庫與石排灣水庫的供水網絡互補工程
	水治理 (次目標)		1. 頻率洪水分析 2. 降雨強度分析	1. 排洪設計
	水環境 (次目標)		1. 環境水量 2. 遊憩水質標準 3. 土砂分析	1. 集水區研究分析及優化工程 2. 現有基地保護措施 3. 郊野公園優化工程
營管階段	水管理		1. 水量供需調配 2. 警戒水位、水量(洪水、枯旱)	1. 監測系統及監控中心 2. 水庫運轉操作手冊編擬

(二) 設計構想及方向

本計畫基本上為利用現有水利設施，經由適度之改善及調整，以適應自然環境，以及人為操作，進行水資源利用與有效管理。故從環境空間佈置而言，其各目標之空間分工示意如圖3所示。從圖3可知，空間各區段有其目標之設計重點及設施功能需求。此外，在計畫範圍內之各設施，可組成空間系統之水資源運用、治理、環境、管理等設施單元，並經由有效之操作發揮各目標功能。爰上所述，初步擬定本計畫設計構想及方向如表2所示。從表2可知，本計畫設計構想係以水資源與環境永續為核心，並依據環境空間格局，在既有設施、計畫庫容、供水標的等設計條件下，進行整合、改善、調整、新建各項軟硬體設施，以期達到計畫各目標功能。

本計畫構想及方向係依據圖3、表2空間分區之水資源、水治理、水環境需求分別作檢討論述。

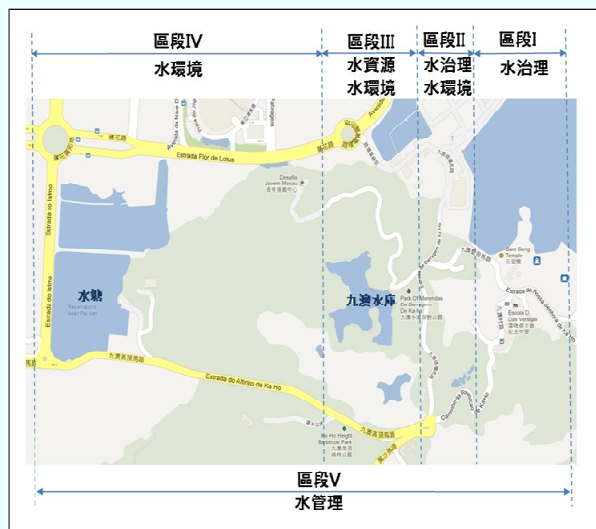


圖3 各目標之空間分工示意圖

表2 設計構想與方向(1/2)

構想與方向 區段	構想	方向	設計重點	設計條件
I區 (水治理)	有效排放水庫需排放之設計頻率洪水	導洪至海	1. 水路連通及整合 2. 防制沖刷及淤積	1. 50年或100年之區域頻率洪水量 2. 流速控制在 3m/s 以內，不小於 0.6m/s。
II區 (水治理、水環境)	<ol style="list-style-type: none"> <li>設計洪水消能靜水池及排放水路，確保排洪與消能。</li> <li>針對郊野公園、靜水池及與排放水路之空間整合，並設計常時有環境景觀水量。</li> <li>郊野公園定位功能及特殊性構思，以增設停車空間、調整流水、植生、遊憩場、停車場、公共衛生設施等佈置，以增進景觀遊憩功能。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>水治理、水環境空間需求確認與佈置整合</li> <li>利用雨水貯留作為環境景觀水量，研究綠能(小型水力、太陽能)及應用於本區。</li> <li>利用挖填方之方法，以擴大郊野公園環境活動空間。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>洪水排放水路之消能率控制及沖刷保護。</li> <li>環境景觀水量蓄存及循環使用。</li> <li>郊野公園空間配置優化整合，及綠能運用。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>50年或100年之區域頻率洪水量。</li> <li>遊憩水體水量需求約 150m<sup>3</sup>。</li> <li>與澳門其他水庫的郊野公園空間配置與內容有所區隔，確立其特殊性。</li> </ol>

表 2 設計構想與方向(2/2)

構想與方向 區段	構想	方向	設計重點	設計條件
III 區 (水資源、水環境)	1. 大壩更新改善, 確保安全攔水。 2. 庫容之擴容及防滲, 確保有效蓄水。 3. 管路系統更新確保合理配水與調節。 4. 水庫環湖步行徑與水體環境之整合, 以達賞景、借景功能。	1. 大壩工程改善(新建或加固) 2. 擴容及防滲替代方案優選 3. 依據供水量, 進行管路系統及加壓設備設置。 4. 環湖步行徑及設施佈置與環境結合 5. 辦理遷移墳墓及移樹	1. 重力混凝土壩尺寸檢討決定, 與安全評核。 2. 計畫庫容滿足及土方處理 3. 防滲方法評估及優選 4. 輸配水路、水量及加壓過程確認 5. 人工設施與自然環境水體結合之造景、借景 6. 尊重社會風俗及自然, 辦理墳墓、樹木之遷移	1. 壩高在 20m 以內, 壩軸長 80m。 2. 水庫庫容擴容至 80 萬 m <sup>3</sup> , 土方作計畫區域內填方及填海區域方料源。 3. 灌漿防滲或防水鋪面選定, 以及防滲量控制。 4. 水庫進水管路、出水管路設計水量 20-40 萬 CMD, 與配合之高揚程泵房及揚程配合。 5. 郊野公園、步行徑、瀉地區景觀遊憩功能定位與整合。 6. 遷移方案評估及與景觀工程融合
IV 區 (水環境)	1. 集水區水土保持 2. 環境復育及維護	1. 土壤沖蝕控制及水源滋養 2. 生態指標物種維護及管理	1. 植生及安定坡度維持 2. 入庫泥沙量控制 3. 濕地營造及維持。 4. 物理、化學、生物環境管理, 及設置水庫截流溝作為污染控制手段。	1. 植樹、植草, 以 1:4 修坡。 2. 土壤沖蝕控制在 2mm/年公頃 3. 濕地深度、面積與周邊景觀、生態整合佈局。
I-IV 區 (水管理)	以水資源及周邊環境永續為核心, 進行管理。	1. 左壩座處設管理中心 2. 理管中心組織、人力、法規制定。 3. 壩體、邊坡及上、中、下游監測。	1. 管理中心為綠建築。 2. 人力編製及組織有效運作模式研究 3. 安全監測計畫及操作規劃	1. 符合節能減碳要求。 2. 管理人力暫定 4 人。 3. 每月監測頻率、數量。

#### 四、結論

依據空間分工佈置, 以及設計構想與方向, 並考量澳門工程作業方式, 在設計改善階段辦理工作項目及重點如下:

1. 現有水庫安全性評估: 設計洪水與大壩設計高程評析、地質分析與邊坡穩定評估、大壩與附屬結構物安全評估、水庫安全性綜合評估。
2. 水庫擴容方案評估: 方案一(水庫加高與疏濬)、方案二(水庫拆除後新建與疏濬)、方案優選

3. 初研方案說明: 佈置方案內容、補充調查與試驗(含大壩部分、地質勘探)
4. 水庫擴容工程: 水庫擴容、提高蓄水水位
5. 水庫防漏工程: 方案規劃(含隔幕灌漿、鋪設不透水布)、方案比較
6. 集水區優化工程: 確保水庫集水區內水土保持穩定, 減少水庫內淤積與水質受影響之相關工程諸如崩坍地處理、坡面植生、排水溝、擋土牆。
7. 九澳水庫與石排灣水庫的供水網絡互補工程: 增設必要工程設施, 使路環地區水資源供給系統可形成互補網絡。蓄水設施包含石排灣水庫、九澳水庫、黑沙水庫等, 供水水廠為路環水廠, 輔助泵房為石排灣泵房、九澳泵房, 主要供水管路為石排灣泵房~路環水廠 DN600 供水管。
8. 排洪設計: 包括大壩溢洪道設計、下游消能工設計、下游排水渠道設計、自動排洪警報系統設計。
9. 郊野公園優化工程: 郊野公園優化工程包含:「壩頂通道、環湖步行徑、樹木移植、壩下游燒烤公園復建」等子項目, 原設施(如桌梯、涼亭、洗手間...等)受破壞後, 皆於新建設施中還原相應功能, 且應提升設施服水準。
10. 監測系統及監控中心: 監測項目與監測儀器佈置(含壩基面上頂水壓力、)壩體
11. 分塊頂部位移、壩體接縫開度、繞壩滲流、水庫水位)、監測方式與系統規

劃(以自動監測與紀錄, 相關儀器及措施包括上頂水壓計、壩頂規標系統、接縫計、滲流水壓計、水位計、現場資料傳輸及記錄)、監控中心(其內包含: 辦公室、遠端遙控系統(各閘門、監測儀器)、值班人員休息室等, 所需面積約 220m<sup>2</sup>)。

12. 環境影響評估: 主要針對九澳水庫擴容工程施工期間所可能造成的環境影響, 按照澳門環境保護局的要求, 進行整體性的環境影響評估, 並制定減輕環境衝擊對策, 及大量山體開鑿後的泥石處理方案。依本案特性與其所在區位之環境特性, 研判未來環評作業之關鍵議題, 主要包括施工作業所造成之空氣質素、噪音干擾、施工污水排放、廢棄物、生態影響, 以及施工物料與工程餘土運輸所導致之交通量、空氣質素及噪音干擾等項目。
13. 運轉操作手冊編擬: 運轉操作手冊內容包括:(1)檢查之時機、項目、頻率、檢查重點及初步研判準則;(2)有監測資料者, 其初步研判準則;(3)緊急狀況之研判及處理程序;及(4)其他有關安全維護事項等項, 並以直接或間接影響人民生命財產安全及供水安全之相關項目為安全維護手冊之規範對象。

## 五、參考文獻

1. 珠江水利委員會珠江水利科學研究院, 九澳水庫擴容及加固工程可行性研究報告, 2010.09。

2. 珠江水利委員會珠江水利科學研究院, 九澳水庫擴容及加固工程深化工程設計大綱, 2011.03。。
3. 澳門基金會, 澳門地理, 2009。
4. 廣東省地圖出版社, 澳門自然地理, 1992。

投稿 103.04.14 修改 103.04.17 定稿 103.04.20
--