

行政院所屬各機關出國報告
(出國類別：研究)

「大壩安全運轉及維護技術」研習

服務機關：經濟部水利署北區水資源局
出國人職稱：副工程司
姓名：郭耀程
出國地區：美國
出國期間：91年12月04日至91年12月15日
報告日期：92年3月

95/09201388

系統識別號:C09201388

公務出國報告提要

頁數: 36 含附件: 否

報告名稱:

大壩安全運轉及維護技術

主辦機關:

經濟部水利署

聯絡人/電話:

/

出國人員:

郭耀程 經濟部水利署 副工程司

出國類別: 研究

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 12 月 04 日 - 民國 91 年 12 月 15 日

報告日期: 民國 92 年 03 月 日

分類號/目: G5/水利工程 G4/土木工程

關鍵詞: 大壩安全運轉及維護技術

內容摘要: 此次赴美參訪係以「大壩安全運轉及維護技術」為主題，希望藉由國外水庫管理單位、學校及現地參觀，學習大壩安全運轉及維護技術最新資訊與實務經驗，俾利提供作為國內水庫永續經營之參考。研習期間參訪對象包括華盛頓州政府、SINCO儀器公司、華盛頓大學土木系，內華達州胡佛壩（Hoover Dam），加州Contra Costa county公共工程處、Los Vaqueros Reservoir、Contra Costa water District自來水公司等單位。在與各參訪單位進行雙向互動後，除攜回華盛頓州政府「水壩安全準則」、「水壩緊急應變計畫建立準則」及「水壩操作與維護手冊建立準則」等三份文件，供國內水庫主管單位參考外，本報告並提出若干心得〈第四章〉與建議〈第五章〉，以增進水庫管理人員之經驗交流。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目 錄

目錄.....	I
照片目錄.....	II
表目錄.....	III
第一章 前言.....	1
第二章 研習行程.....	2
第三章 研習過程.....	4
3-1 研習人員名單.....	4
3-2 研習過程.....	4
第四章 研習心得.....	29
第五章 建議事項.....	32

照片目錄

照片 3-1 華盛頓州政府生態管理署辦公室目錄.....	7
照片 3-2 參訪人員合影留念.....	7
照片 3-3 SINCO 儀器公司總部辦公室.....	9
照片 3-4 華盛頓大學土木系大樓 (More Hall)	11
照片 3-5 同心三軸試驗儀.....	12
照片 3-6 華盛頓大學圖書館.....	12
照片 3-7 胡佛發電廠.....	15
照片 3-8 胡佛發電廠發電機組.....	16
照片 3-9 胡佛壩主要工程設施布置.....	16
照片 3-10 胡佛壩右進水塔 (內華達州)	18
照片 3-11 胡佛壩左進水塔 (亞利桑納州)	18
照片 3-12 胡佛壩電力輸送鐵塔 (隨地形傾斜)	19
照片 3-13 胡佛壩上游面邊坡岩石地形.....	19
照片 3-14 舊金山灣金門大橋.....	21
照片 3-15 舊金山灣日落景緻.....	22
照片 3-16 舊金山灣金門大橋.....	22
照片 3-17 Los Vaqueros Watershed.....	26

表 目 錄

表 2-1 參訪行程表.....	2
表 3-1 胡佛壩主要工程數據統計表.....	17
表 3-2 金門大橋相關工程數據統計表.....	21
表 3-3 Los Vaqueros 壩主要工程數據統計表前言.....	25

第一章 前言

近年來，受全球氣候變遷影響，臺灣地區缺水問題時有所聞，尤其北部地區之嚴重乾旱，明顯對經濟發展、農業生產及民生品質造成損害。針對如何有效解決國內缺水問題，除應加強各種節約用水之教育、宣導措施外，權衡新水源及新水庫壩址難覓，又有生態環境保護等因素須考量，對於現有水庫之安全運轉及維護，有必要引進國外最新經驗與技術，以確保現有水庫水源供應之長期穩定。基此，本次參訪奉簽派以「大壩安全運轉及維護技術」為題赴美國研習，希望藉由國外水庫管理單位及學校參訪，學習大壩安全運轉及維護技術最新資訊與實務經驗，俾利提供作為國內水庫永續經營之參考。

第二章 研習行程

本次赴美研習自 92 年 12 月 4 日啟程出發，至 92 年 12 月 15 日返抵桃園中正機場，行程共計 12 天（含啟程及返國搭機時間 2 天）。研習期間參訪對象包括華盛頓州州政府、SINCO 儀器公司、華盛頓大學土木系，內華達州胡佛壩（Hoover Dam），加州 Contra Costa county 公共工程處、Los Vaqueros Reservoir、Contra Costa water District 自來水公司等（表 2-1）。

表 2-1 參訪行程表

日期	星期	出發	到達	行程
12/04	三	中正機場	臺灣→西雅圖	啟程
12/05	四	臺灣→西雅圖	西雅圖	赴華盛頓州州政府參訪
12/06	五	西雅圖	西雅圖	參觀 SINCO 儀器公司
12/07	六	西雅圖	西雅圖	赴華盛頓大學土木系研習
12/08	日	西雅圖	拉斯維加斯	資料整理及轉機
12/09	一	拉斯維加斯	拉斯維加斯	赴胡佛壩參觀
12/10	二	拉斯維加斯	舊金山	資料整理及轉機
12/11	三	舊金山	舊金山	赴 Gold Gate Bridge 參觀。
12/12	四	舊金山	舊金山	赴 Contra Costa county 公共工程局及 Los Vaqueros 水庫參訪。
12/13	五	舊金山	舊金山	赴 Contra Costa water District 自來水公司參訪。
12/14	六	舊金山	舊金山→臺灣	搭機
12/15	日	舊金山→臺灣	中正機場	返國

上述赴美研習行程除受限於經費與時間（美國許多地區十二月已開始下雪，如位於科羅拉多州丹佛市之美國聯邦墾務局即無法參訪）外，又因美國於發生九一一恐怖攻擊事件後，諸多原規劃參訪單位基於安全顧慮（如加州沙加緬度佛森壩），均表示不便安排外國訪客參觀，故行程安排可說十分困難。所幸於美國加州公共工程處服務之鄔寶琳博士及交通大學土木系黃安斌教授之協助下，終能如期完成此次赴美研習任務，在此謹對鄔博士及黃教授深表謝意。

第三章 研習過程

3-1 研習人員名單

姓 名	服 務 單 位	職 稱
郭耀程	經濟部水利署 北區水資源局	副工程司

3-2 研習過程

3-2-1 第一天研習行程 (91.12.05)

本日排定參訪對象為華盛頓州政府之生態管理署水源管理處大壩安全課 (Dam Safety Office, Water Resources Program, Washington State Department of Ecology)。華盛頓州政府位於奧林匹亞市 (Olympia)，生態管理署是華盛頓州的环境保護主要管理機構 (詳照片 3-1)，除負責該州環境保護改善和自然生態保育一切工作外，並研究推動水、空氣、土地等自然資源有效運用政策，以造福現代和將來的該州居民。該署的宗旨是「防止和清理污染、保育環境資源、追求永續發展」。

華盛頓州政府生態管理署共設空氣品質保護 (Air Quality)、環境檢驗 (Environment Assessment)、有害廢料處理 (Hazardous Waste)、核子廢棄物處理 (Nuclear Waste)、海岸保護 (Shorelands)、固體廢棄物處理 (Solid Waste)、油污染預防和清理 (Spills)、毒性物質清理 (Toxics Cleanup)、

水質保護 (Water Quality) 及水源管理 (Water Resources) 等十個分處。其中，水源管理處主要業務為水源保護、用水量估算、水壩安全管理、水井及水權管理、水資源管理法規訂定及刊物出版等，藉由有效管理環境水資源，以確保該州自然環境及各社區目前和未來的用水需要。目前該處正進行之工作，包括庫倫比亞河社區水源開發、華盛頓州水源整體規畫、農業用水供應、水權分配等。

水源管理處於 1990 年成立水壩安全管理課，以監督州內水壩安全為首要目標。根據此次參訪之瞭解，目前水壩安全管理課負責監督州內約 870 座水壩之安全業務，這些水壩含政府機關或私人出資興建與管理，壩體規模大小均有，營運用途不甚相同，但以單一目標之給水、灌溉或發電水壩佔大部分。因水壩安全管理課僅負責水壩興建規劃及安全監督業務，水壩設計、施工及營運均由出資單位自行負責，故該課現有員工僅 6 位。

水壩安全管理課針對此次參訪，除表示熱誠歡迎外，並就該課現行業務、最新水資源規劃技術及水壩安全監督機制等課題，安排了一場約 2 小時簡報。有關水資源規劃技術方面，該課乃採用地理資訊系統結合水文分析模式自行開發程式軟體進行規劃模擬，再利用權重分析方法對各種規劃方案評分，最後選取最佳規劃方案。因利用地理資訊系統整合各項區域地質、地形、河川水理及水文、給水系統等條件資料，

使此種水資源規劃技術實用性更為提高，對於規劃方案未來實施成本及效益更能掌握。

就水壩安全監督機制方面，根據簡報指出華盛頓州地廣人疏，開發大型水庫因效益不佳，所以水壩興建以民間申請投資佔大部分。而因水壩功能常屬單一目標，在民間資金有限及營運風險考量下（營運管理由民間自行負責），州內水壩壩體通常不大。基於州內水壩數量超過千個，州政府於考量經費有限情形下，乃要求該課制定水壩設計標準及施工技術準則、安全管理規範等，以提供民間維護水庫安全之規則及手冊，俾利適時反應水壩問題並加以妥善處置。

由雙方意見交換過程中，該課表示在政府所轄水壩安全維護經費上，因預算編列須先經由美國陸軍工程師團審核後，才能自整體經費內分配獲得，故維護經費取得十分不易。而該州許多水壩於使用壽命屆期後，即進行安全評估以研判是否廢棄，此點與國內狀況明顯不同。另因民間投資建壩係民眾提出需求申請，所以建壩雖難免有局部抗爭阻力，但基於尊重多數民意之國情素養，通常仍可順利興建完成。

簡報後，該課提供「水壩安全準則」(Dam Safety Guidelines)、「水壩緊急應變計畫建立準則」(Guidelines for Developing Dam Emergency Action Plans)及「水壩操作與維護手冊建立準則」(Guidelines for Developing Dam Operation and Maintenance Manuals)等三份文件，以供攜回參考，雙

方並合影留念（詳照片 3-2）。



照片 3-1 華盛頓州政府生態管理署辦公室



照片 3-2 參訪人員合影留念

3-2-2 第二天研習行程 (91.12.06)

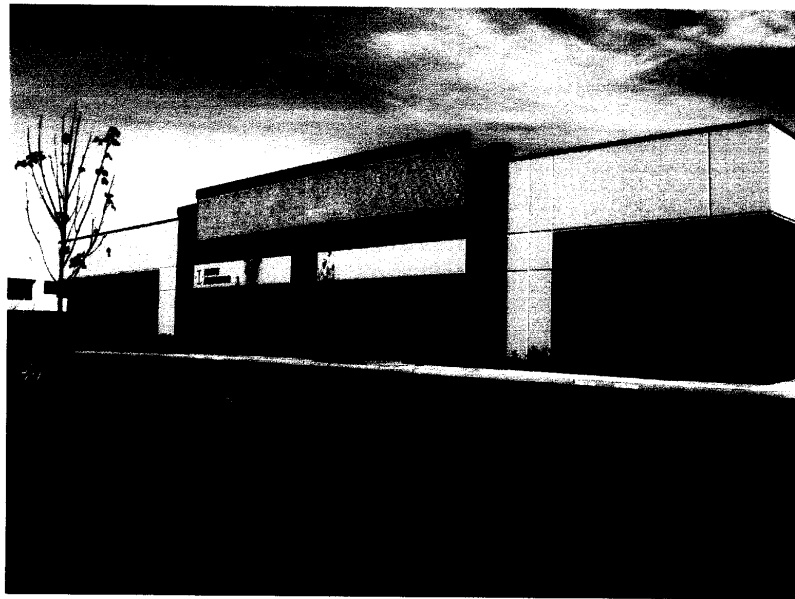
本日排定參訪對象為華盛頓州 SINCO 儀器公司總部 (The Slope Indicator Company Head Office, 詳照片 3-3)。該總部位於華盛頓州西雅圖市的 Mukilteo 鎮, 自 1958 年創立後, 至今在美國各地、加拿大及澳洲均設有服務辦公室。目前 SINCO 儀器公司之產品, 包括傾斜、位移、壓力與應變等大地及工程結構監測儀器, 同時亦研發多種資料整合系統及軟體, 使監測資料能有系統被收集及應用。

由於 SINCO 儀器公司所研發之監測儀器, 被廣泛應用於水庫大壩安全監測 (如國內現正施工之寶山第二水庫), 對於大壩觀測儀器設置規劃、監測技術與實務應用經驗豐富, 故成為本次赴美研習參訪之對象。根據接待之營運經理 Randolph Lohman 表示, 該公司除研發、設計及製造各式監測儀器與資料整合系統外, 同時可提供儀器現場安裝技術服務, 以及儀器維修與檢驗服務, 對於各類觀測作業更規劃有一系列訓練課程, 供客戶視需要派員進修。

在 SINCO 儀器公司總部內, 設有儀器製造及檢驗工廠, 此次研習幸獲同意入內參觀。舉凡水位計、傾斜儀、應變計、水壓計及沉陷板等大壩監測儀器, 在該工廠內均可見到其製造、組裝及測試過程。其中, 石門水庫及榮華壩現行使用之水位計及傾斜儀, 係採購自 SINCO 儀器公司, 在此工廠內

亦看到相同之產品。

基於進一步瞭解監測系統建置及改善經驗，乃與 SINCO 儀器公司就相關問題進行討論。原則上，SINCO 儀器公司認為大壩自動化監測系統之建立，乃當前世界各國於建造新壩之設計潮流，在施工技術及儀器穩定度上，應無問題。惟對於老壩監測儀器之更新，因考量壩體材質老化及施工條件問題，故須審慎評估規劃後，再決定選擇何種儀器及裝設方式。此外，自動化監測儀器之維護，乃其功能穩定及壽命維持之重點，所以除應定期進行校驗外，儀器存放環境選擇及孔位清理亦十分重要。



照片 3-3 SINCO 儀器公司總部辦公室

3-2-3 第三天研習行程 (91.12.07)

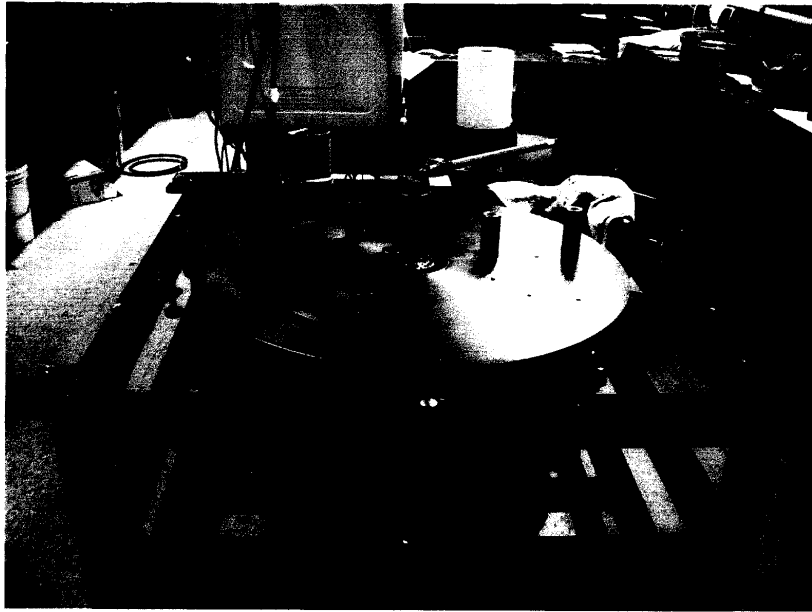
本日排定參訪對象為華盛頓大學土木系 (Department of Civil Engineer of Washington University)。華盛頓大學位於華盛頓州西雅圖市，係為紀念美國總統華盛頓而設立，該校雖非州政府所屬之大學 (與華盛頓州立大學係二所不同學校)，但校園佔地廣闊，風景優美。就陪同參觀之王醇謹先生 (C. H. Wang, 華盛頓大學土木研究所博士候選人) 表示，華盛頓大學土木系創系多年，對土木、水利、建築及大地工程領域之研究甚為專精，許多知名學者目前均在該校服務，因該系招收學生無種族、膚色、階級之分，故乃一所純學術研究之優良學府。

此次研習計參觀華盛頓大學土木系大樓、實驗室及圖書館。土木系大樓 (More Hall) 是一棟較為老舊的校舍 (詳照片 3-4)，據瞭解其於該校成立即已建造完成，近幾年雖曾進行外牆及內部裝璜整修，但仍保留諸多建築原貌。實驗室位於土木系大樓地下室，經由 C. H. Wang 介紹其最新設計之同心三軸試驗儀 (詳照片 3-5)，該設備可模擬土壤之現地受力狀況，較一般使用之擬三軸試驗裝置，有較吻合土壤現地狀況之實驗結果。該設備未來主要將用於模擬土壤液化行為，尤其國內自 921 大地震後，許多地區可能隱藏土壤液化潛能，若透過該試驗裝置之模擬與分析，應可降低土壤液化影響水壩安全之風險。

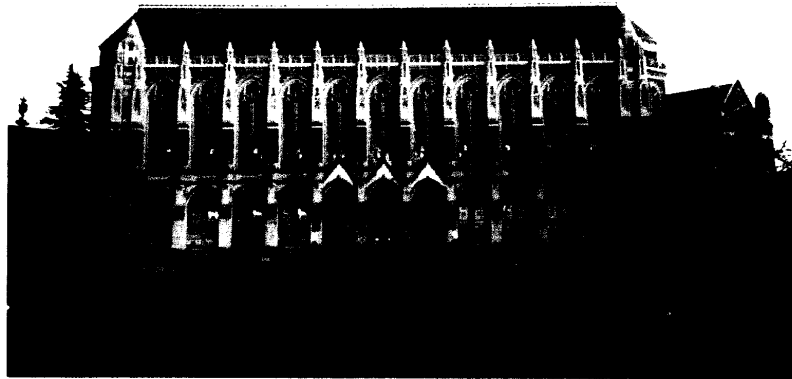
華盛頓大學圖書館之參觀行程，主要為瞭解圖書館補強工程成功案例。據聞華盛頓大學圖書館已有百年歷史（詳照片 3-6），由參觀過程發現圖書館四處均顯示出與現代建築不同之風格，整體景象甚為典雅、富麗。惟因西雅圖於前幾年曾發生大地震，圖書館部分結構產生龜裂、破損，經評估必須辦理修復補強工程。盛頓大學土木系基於維護圖書管歷史原貌，並兼顧補強工程能發揮應有功能，乃設計運用鋼樑及支稱系統進行結構補強施工。最後，不僅圖書館如期開放使用，且各補強裝置並未影響圖書館整體視覺景觀，可說是十分成功之案例。



照片 3-4 華盛頓大學土木系大樓（More Hall）



照片 3-5 同心三軸試驗儀



照片 3-6 華盛頓大學圖書館

3-2-4 第四天研習行程 (91.12.08)

因本日行程係由華盛頓州轉往內華達州 (拉斯維加斯)，故未排定參訪對象。

3-2-5 第五天研習行程 (91.12.09)

本日排定參訪對象為內華達州胡佛壩 (Hoover dam)。胡佛壩位於內華達州拉斯維加斯市西南方約 30 mile 處，現由美國內政部墾務局 (Bureau of Reclamation, Department of The Interior, U. S.) 負責營運管理及維護，其自 1931 年開始施工，1935 年壩體完成，含發電廠及相關附屬設施於 1936 年全部完工，至今已營運超過 60 年。

胡佛壩具有多重運用標的，其蓄留科羅拉多河 (Colorado River) 河水供水力發電、防洪、各類用水及景觀遊憩之用。Mead Lake 係主要由胡佛壩攔水構成之湖泊 (水庫)，其蓄水面積高達 247mile²，蓄水容量 28,537,000 ac-ft，此容量可類比等於將賓夕法尼亞州 (Pennsylvania State) 全州土地灌滿水深達 1ft 之量，是美國境內最大的人工湖。此湖因水量豐沛、景色宜人，每年均吸引來大量旅客，在湖內進行游泳、滑水、划船及釣魚等活動，估計年旅客數超過 900 萬人次，是美國極受歡迎之遊憩勝地。

胡佛發電廠在 1939~1949 年間為全世界最大水力發電廠，現為全美最大水力發電廠。胡佛發電廠位於壩體下游面

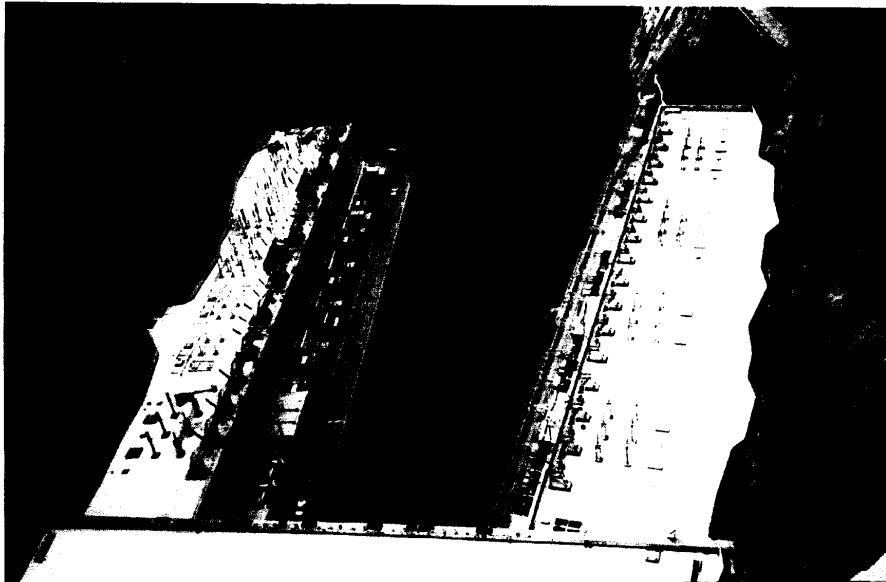
二側（詳照片 3-7），在機房內共裝設 17 組大型水輪發電機（詳照片 3-8），年平均發電量超過 400 萬 KWH，供應區域包括內華達州、加州及亞利桑納州等地，服務人口達 1,300 萬人。

胡佛壩屬於混凝土重力式拱壩，主要工程設施布置詳照片 3-9，工程數據如表 3-1。壩體上游面計有側向自然溢洪道 2 座、排洪隧道 2 條（左右均各 1）、供發電及排水共用之進水塔 4 座（左右均各 2）。壩頂為連通內華達州及亞利桑納州之觀光道路，旅客可於壩頂瀏覽水庫狀麗風光，同時因州間有時差存在，管理單位特於進水塔設置時鐘（詳照片 3-10 及照片 3-11），以標示二州不同時間，使之成為觀光客駐足焦點。壩體下游面計有發電廠、出水工及排洪隧道出水口（左右均各 2）等設施。

壩體下游面二側山坡傾斜狀輸電用鐵塔，乃胡佛壩景觀之一大特色（詳照片 3-12）。胡佛發電廠位於壩體下游河谷，河谷邊坡落差超過 200m，電廠電力須藉由輸電線路自谷底送出，使架設輸電鐵塔成為關鍵問題。經詢問管理人員指胡佛壩鄰近區域均屬安山岩（andesite breccia）地質，此種岩石硬度高且固結良好，施工性佳，故基於避免開挖破壞河谷邊坡結構，乃隨邊坡地形架設傾斜狀輸電用鐵塔，直接解決輸電問題。

因壩址地質良好，胡佛壩無嚴重淤積問題。本日參觀行

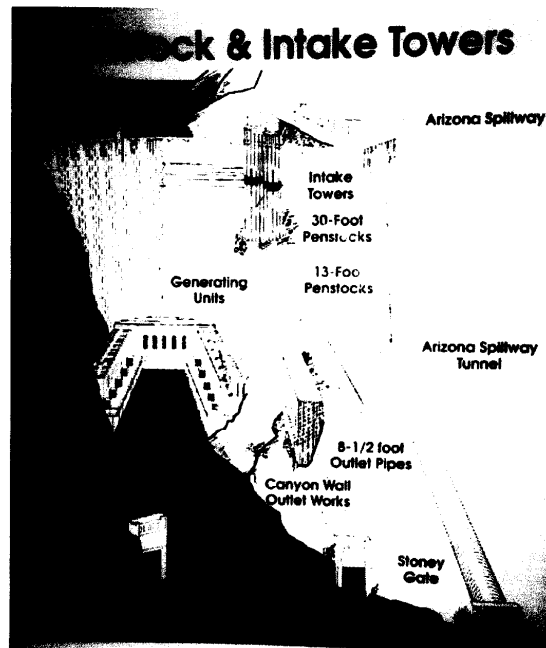
程中，由拉斯維加斯市至胡佛壩道路上，發現沿途均是岩石地形（詳照片 3-13），此種地形因不利樹木生長，故許多地方出現如沙漠之景象。尤其，若朝胡佛壩上游面觀察（詳照片 3-14），庫區二側岩石壘壘，幾無綠色植物及人為開發情形。按管理人員表示庫邊岩石雖無法避免會有風化現象，惟情況並不嚴重，又民眾有良好保育觀念與農耕開發條件不佳，故庫區上游並無不當開發情形發生，所以胡佛壩並無足以影響正常營運之淤積問題。



照片 3-7 胡佛發電廠



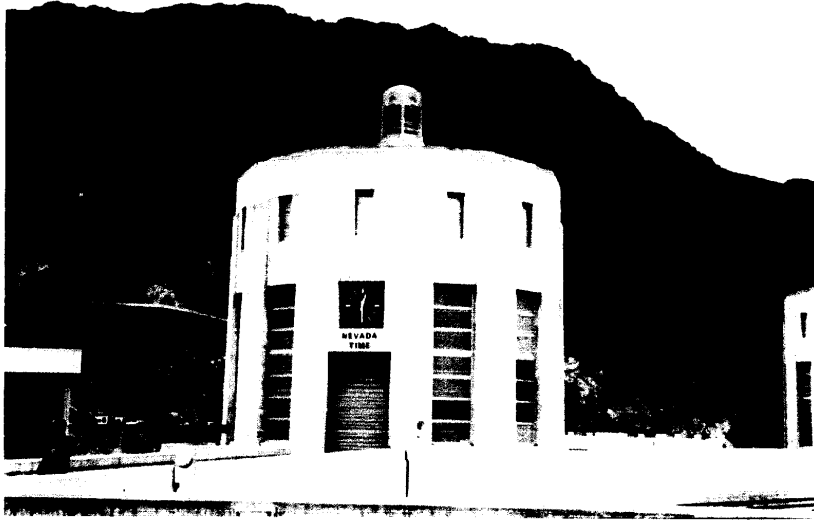
照片 3-8 胡佛發電廠發電機組



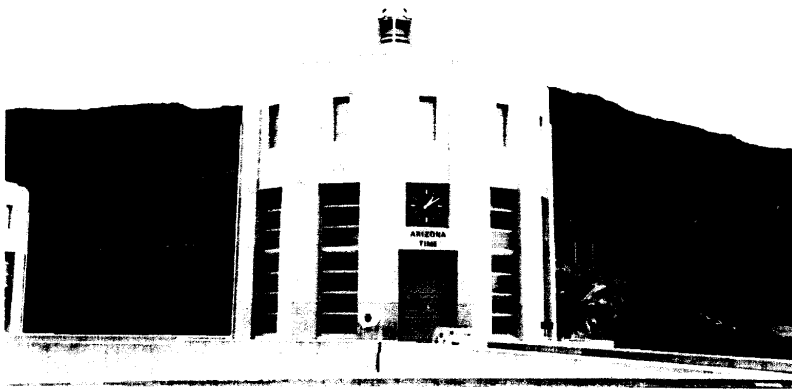
照片 3-9 胡佛壩主要工程設施布置

表 3-1 胡佛壩主要工程數據統計表

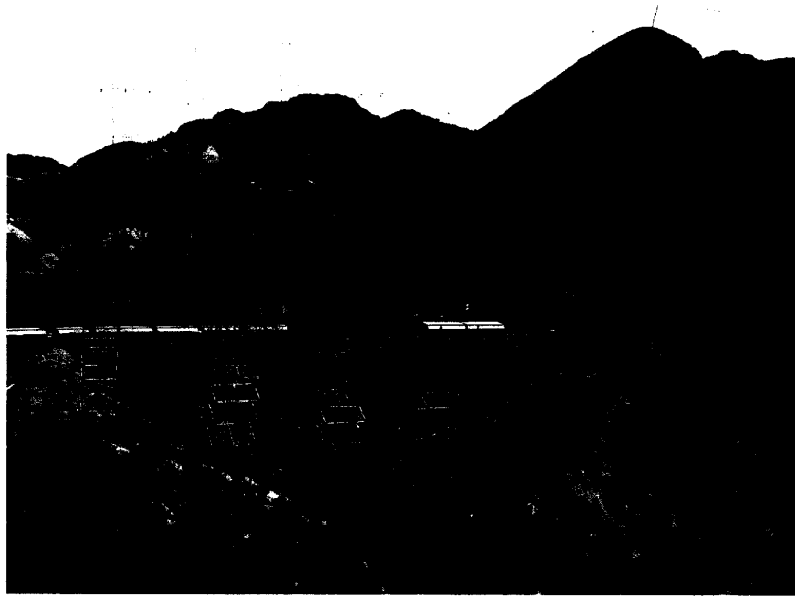
分類	項目名稱	工程數據說明	備註
大壩	壩型	混凝土重力式拱壩	
	壩高	726.4 ft (221.3m)	不含進水塔高
	壩頂長	1,244 ft (379.2m)	
	壩頂寬	45 ft (13.7m)	
	壩底寬	660 ft (201.2m)	
	壩體重	>6,600,000 t	
溢洪道	型式	側向自然溢流	壩體 2 側各 1 座
	溢洪堰尺寸	650 ft*150 ft*170 ft	每座長、寬、高
	制水閘尺寸	100 ft*16 ft	每座 4 個
	排洪隧道長	600 ft (182.9m)	每條 (共 2 條)
	排洪隧道直徑	50 ft (15.24m)	
	排洪量	200,000 cfs	每座
發電廠	水輪發電機	17 組	下游兩側
	總發電容量	2,998,000 馬力	
	年平均發電量	4,000,000KWH	1947~1994
	壓力鋼管總長	5,800 ft (1767.8m)	共 16 條
	壓力鋼管直徑	13 ft (4.0m)	
進水口	型式	圓塔式	共 4 座
	塔頂直徑	63.3 ft (19.3m)	
	塔底直徑	82 ft (25.0m)	
	塔高	395 ft (120.4)	
	閘門	圓柱型	每座 2 個
出水工	型式	混凝土結構	河道 2 側各 1 座



照片 3-10 胡佛壩右進水塔（內華達州）



照片 3-11 胡佛壩左進水塔（亞利桑納州）



照片 3-12 胡佛壩電力輸送鐵塔（隨地形傾斜）



照片 3-13 胡佛壩上游面邊坡岩石地形

3-2-6 第六天研習行程 (91.12.10)

因本日行程係由內華達州轉往加州 (舊金山)，故未排定參訪對象。

3-2-7 第七天研習行程 (91.12.11)

本日排定參觀對象為金門大橋 (Golden Gate Bridge, 詳照片 3-14)。1937 年被漆上「國際標準橘」(Internation Orange) 之金門大橋，橋身顏色並非”金色”，其名稱源自 19 世紀美國作家兼探險家約翰傅里蒙 (John Fremont)，因其初次由太平洋抵達舊金山灣時，在陽光照射下，發現港區到處呈現閃閃發光燦爛的景象，使通過金門大橋感覺如入「金色之門」，故乃稱之。

金門大橋橫跨於加州舊金山灣之太平洋海岸上，係舊金山市與馬林郡 (Marin County) 間連接交通之樞紐。美國人史特勞斯 (Strauss, Joseph B.) 於 1917 年為解決當地交通問題而提出建橋構想，其後因受到渡口漁民、軍事首領及工商界諸多反對意見影響，至 1930 年才通過建橋計畫。1933 年正式開工興建，至 1937 年完工通車，期間使用之建築材料包括 516,000m³ 混凝土、1,000,000t 鋼料及 80,000miles 長金屬纜線 (約 130,000km)，總造價為 3,300 萬美元。金門大橋至今完工通車已逾 50 年，估計每年平均有 4,200 萬車次通過此座大橋，其不僅達成疏解當地交通之目的，如同巴黎之艾

菲爾鐵塔，金門大橋已成為舊金山地區最著名的地標之一（詳照片 3-15）。金門大橋現為世界第二長單孔橋（詳照片 3-16），目前由 Golden Gate Bridge Highway and Transportation District 負責維護與管理，其相關工程數據如下（表 3-2）：

表 3-2 金門大橋相關工程數據統計表

項目名稱	工程數據
橋全長	6,450m
橋墩高	228m
橋墩深	地表下 30.48m
車道距海平面高差	約 67m
主纜直徑	1m
總纜線長	130,000km
可承受拉力	63,000,000lb



照片 3-14 舊金山灣金門大橋



照片 3-15 舊金山灣日落景緻



照片 3-16 舊金山灣金門大橋

3-2-8 第八天研習行程 (91.12.12)

本日排定參訪對象包括加州 Contra Costa County 公共工程處 (Contra Costa County Public Works Department, 簡稱 CCCPWD) 及 Los Vaqueros 水庫。Contra Costa County 位於北加州, 由於此地年降雨量缺乏 (僅約臺灣年降雨量之 1/6), 所以州政府乃於當地設立 Contra Costa County 公共工程處, 以推動此區域水資源使用之規劃、保存及設施維護等業務。Los Vaqueros 水庫係由 Contra Costa County 公共工程處規劃、設計及興建完成, 其為一座以各類用水供應為主要運轉目標之水庫, 現由 Contra Costa Water District 自來水公司負責營運及維護。

(一) CCCPWD 參訪

CCCPWD 辦公室位於 Contra Costa County 之馬丁尼茲鎮 (Martinez), 距舊金山市區約 35mile 路程。就 CCCPWD 之組織而言, 原包括 Contra Costa County 公共工程局與州政府防洪處二部分, 惟基於政府可用資源之統合及水資源規劃之一致性, 州政府乃將二單位予以合併。目前 CCCPWD 總員工人數約 300 人, 包括有防洪規劃、設計、營建、維護、工程技術、財務、會計等相關部門。

經事前協調獲同意排定至防洪規劃部門之水文課參訪。CCCPWD 之防洪規劃部門主要負責提供防洪 (Flood

Control) 及水體保護 (Water Conservation) 相關技術予其他部門，作為發展與改善 Contra Costa County 暴雨排水系統 (Storm Drainage Systems) 之依據。其中，水文課 (Hydrology Section) 負責區域降水及逕流資料收集，雨量站及水位站觀測儀器維護，以及透過集水區水文分析方法提供相關水文資料與集水區工程特性資訊，作為該部門進行水資源開發計畫之用。

本次參訪水文課展示其最近更新完成之自動化即時水文資料收集系統 (Automated Real-Time Hydrologic Data Collection Systems) 及洪水警報系統 (Flood Warning Systems)。自動化即時水文資料收集系統係由集水區水文站及流量站之自動觀測系統組成，透過資料傳輸線路之連線，觀測資料可即時而完整的被紀錄與收集，並經由程式軟體之設定，隨時提供管理單位決策參考。洪水警報系統則供相關單位洪水通報與應變之用，當自動化即時水文資料收集系統之水文資訊顯示有洪水危機時，此系統將連線通知集水區其他管理單位適時因應，以降低洪水損失風險。

上述二個管理系統之開發與更新，主要係為配合自動化儀器發展與資料傳輸技術精進而實施，此乃世界各國共同之趨勢。目前國內新建水庫多已規劃採用自動化之監測設備，以提供管理單位適時而充分安全資訊，作為決策安全評估與管理之依據。較老舊水庫亦建議應在無安全顧慮下，將各項

監測設備予以自動化，除可減輕管理單位人力負擔外，充分管理資訊之提供，將可使水庫安全評估更為詳實。

(二) Los Vaqueros 水庫參觀

Los Vaqueros 水庫乃一座離槽水庫，其係利用豐水期將 Old River 河水加壓引入水庫，供枯水期 Contra Costa County 各類用水使用。由於 Old River 屬於感潮型河川，當河川於豐水期時，因河水為淡水，所以可直接抽取使用。惟枯水期時，因河水受太平洋海水上溯而鹽化，故無法使用。基此，CCCPWD 經規劃及研究後，選擇興建一條長 20mile 之加壓引水管路，並配合建構 Los Vaqueros 壩，將豐水期 Old River 河水引入庫內蓄留，以供 Contra Costa County 中部及西部地區使用。

Los Vaqueros 壩之主要工程數據如下：(表 3-3)

表 3-3 Los Vaqueros 壩主要工程數據統計表

分類	項目名稱	工程數據說明
大壩	壩型	堆填土石壩
	壩高	197 ft (60.1m)
	壩頂長	980 ft (298.7m)
	壩頂寬	30 ft (9.1m)
	壩上游坡度	3H : 1V
	壩下游坡度	2 1/2H : 1V
	壩體體積	2,064,300m ³
溢洪道	型式	自然溢流

Los Vaqueros 水庫現由 Contra Costa Water District 自來水公司負責營運管理，按接待人員表示水庫除作為水源供應使用外，目前尚開放供民眾進行釣魚及划船休閒使用。同時管理單位為落實水資源保育措施，水庫內長期進行生態維護相關研究與工作，使庫區成為許多學校現地教學之最佳場所。由於參訪當日天候不佳，庫區因下雨霧氣嚴重視線不良（詳照片 3-17），致無法欣賞水庫美好景緻，故甚感遺憾。



照片 3-17 Los Vaqueros Watershed

3-2-9 第九天研習行程 (91.12.13)

本日排定參訪對象為 Contra Costa Water District 自來水公司。Contra Costa water District 自來水公司為一家私人機構，辦公室位於北加州 Concord 市（與 CCCPWD 辦公室距離約 2miles），公司員工總數現為 338 人，負責 Contra Costa water District 內 4 座水庫（Martinez Reservoir、Contra Loma Reservoir、Mallard Reservoir、Los Vaqueros Reservoir）、2 座水處理廠（Water treatment Plant）及相關輸水管路等之營運管理。

按 Contra Costa water District 自來水公司簡報知，Contra Costa water District 總面積約 137,127 acers，範圍包括 Contra Costa County 中部及西部地區。該公司為興建蓄水設施、輸水管線及水處理廠，目前已投資美金約 8 億多元，可提供 Contra Costa water District 各類標的所需用水量。其中，都市用水、工業用水、社區用水、商業用水及其他用水售水量之比值，分別為 20%、17%、47%、9%、7%，服務人口約達 45 萬人。

就蓄水庫安全運轉與維護工作執行情形，該公司舉 Los Vaqueros 壩為例進行說明。Los Vaqueros 水庫屬離槽式水庫，其係利用加壓管路抽取 Old River 河水蓄留（淡水）成庫，以供應 Contra Costa County 各類標的之用水。由於 Old River

河水取水量除須與美國陸軍工程師團（US Army Corps of Engineers）協調外，因 Los Vaqueros 壩不作防洪使用，又壩體為土石堆填壩，基於避免發生壩體溢流而潰壩之危險，溢洪道採自然溢流式佈置。因此，在水庫安全操作上，可利用進水口閘門控制水庫入流量，以及溢洪道自然溢流降低壩體溢流風險。

目前該水庫安全運轉監測系統均採自動化設備，如對輸送水系統之控制與操作，該公司目前係透過一套 SCADA 系統（Supervisory Control And Data Acquisition System）進行管理。關於大壩安全監測資訊部分，該公司於取得監測資料後，係依規定彙整填寫報表送州政府（CCCPWD）管制、監督。另整體維護工作部分，雖庫區有開放外界遊憩使用，惟因當地民眾深具良好環保意識，所以維護經費主要使用在輸水管線及設備檢修與遊憩設施維護上。

第四章 研習心得

- 一、因美國與臺灣天然條件不同，對水壩之監督管理作法有明顯差異。美國因地廣人稀，建壩地點可有較多選擇，通常由民眾先主動提出用水需求，政府再評估、規劃決定適當建壩方案，並交民間投資建壩，所以常見民間維護管理之壩。又因民間資金有限，水壩體型通常不大，故潰壩損失較有限，政府僅負責安全規範訂定即可。臺灣因地形坡陡流短，優良壩址不易覓得，所以水壩通常由政府規劃、興建。另基於水資源保存不易，且潰壩損失較高（水壩與城市較接近），所以水壩主要由政府負責維護管理。
- 二、由此次參訪知，政府施政遭遇抗爭問題國內外皆有，美國因長期教育民眾尊重多數意見，並透過與抗爭者不斷協調溝通，以及適時對政府施政與多數民眾需求廣為宣傳，所以最後通常仍能獲得多數民眾支持。國內政府施政受諸多非技術因素影響，往往政策推動困難重重，惟若能堅持專業並不斷尋求支持，相信任務終能成功。
- 三、在美國於水壩壽命屆滿後，有許多水壩即廢棄不再營運，在國內此問題可能於未來必須考量。水壩隨營運時間漸增，將會衍生如壩體材質劣化、維護與管理費用提高、潰壩損失風險增加等問題，國內因各項建壩條件不

佳，以往朝加強辦理水壩維護及安檢工作方式，儘可能延長水庫營運壽命。惟此作法並無法完全避免風險因子之產生，所以當水庫壽命屆期時，應積極尋找替代方案作為因應，以確保長期民眾安全及經濟發展。

- 四、此次參訪有攜回華盛頓州政府提供之「水壩安全準則」(Dam Safety Guidelines)、「水壩緊急應變計畫建立準則」(Guidelines for Developing Dam Emergency Action Plans)及「水壩操作與維護手冊建立準則」(Guidelines for Developing Dam Operation and Maintenance Manuals)等三份文件，可供水庫主管單位研究參考
- 五、基於管理人力、資料完整性及人為操作誤差考量，將大壩監測系統予以自動化，並進行資料庫整合及安全資訊管理系統建立，以及時提供必要資訊供管理決策參考，乃當前世界各國水庫安全管理技術之潮流。
- 六、胡佛壩景觀壯麗、風景優美，管理單位就工程設施及建造歷史設計了一套導遊行程，包括提供相關影片介紹及現場說明，讓旅客對該壩有更深入之了解，此做法可供國內推展水庫觀光業務參考。
- 七、Old River 屬於感潮型河川，當河川於豐水期時，因河水為淡水可直接抽取使用，枯水期時，因河水受太平洋海水上溯而鹽化，故無法使用。Los Vaqueros 水庫乃一座離槽水庫，其係利用一條長 20mile 之加壓引水管路，

在豐水期將 Old River 河水(淡水)加壓引入水庫，供枯水期 Contra Costa County 區域各類用水使用。台灣地區四面環海，多數河川均有感潮海水上溯情形，Los Vaqueros 水庫引水入庫做法，或許可供國內水資源規劃參考。

第五章 建議事項

- 一、由胡佛壩及 LosLos Vaqueros 壩均是美國遊憩聖地知，透過擴大水庫觀光遊憩功能，將可改變民眾對水庫傳統印象。以往國內水庫因體型龐大、營運風險性高，民眾大都不能接受與水庫為鄰。若將水庫各項遊憩功能(如釣魚、划船、滑水、游泳等)加強，以吸引大批外地遊客至水壩參觀，除可增加水庫鄰近住家商機外，更可提高居民工作機會(水庫管理工作儘可能僱用當地民眾)，再配合將水庫營運收益適當回饋地方，作為地方公共建設發展經費，相信民眾必能深切感受水庫之好，繼而接受以建壩確保水資源之觀念。
- 二、由參訪過程發現，各受訪機關雖部門員工數不多，但部門間分工權責甚為明確，故整體效率良好。反觀，國內各水庫管理機關甚少有專責水庫安檢之部門，往往因人力不足及儀器維護不當、故障等因素，而使水壩安全資料收集及建立，難以做到確實而完整，進而影響管理者適時決策時機。基此，建議各水庫管理機關設立專責安檢部門，推動水庫安全檢查、監測及評估等業務，以落實水壩安全資料完整收集與分析，同時監督水庫安全改善工作之及時執行，使水庫整體安全得以進一步確保。
- 三、有別於一般參加研討會之研習方式，此次參訪行程雖匆

忙、疲累，但能個別與參訪單位面對面進行問題溝通及經驗交流，獲益可謂良多。惟若能擴大規模由多人共同參與，除可於參訪過程互相協助外，畢竟各單位管理方式及經驗有所不同，多方討論所獲心得將更為深入及廣泛，並有助於將更多國外成功案例及新知引入國內。

四、受限於天候因素，此次參訪無法赴美國內政部墾務局研習，對此深感遺憾。建議日後若有類似經費，應及早規劃及安排相關事宜，以利參訪成果更為充實、圓滿。