

文字 withoutbone
圖片 台灣電力公司

綠色能源傳奇



—和平碧海水力發電廠專題報導

南溪壩施工棧道



南溪壩施工棧道鋼筋孔鑽設

詩仙李白曾言：「蜀道難，難於上青天。」意思是四川崎嶇高低的山路，比上青天還要難行，只可惜李白未曾到訪台灣，否則他的詩可能又要多添幾句驚嘆。

台灣，山脈縱橫，海拔超過三千公尺的高山就有258座，其山路之陡峭難行，是一般人無法想像。連徒步進入都困難重重的崇山峻嶺，更何况是要在裡頭攔水築壩發電，在台灣建設水力發電廠本來就不是容易的事，尤其民國100年開始運轉的和平碧海水力發電廠，更是自台灣有水力發電以來最艱鉅的挑戰。

和平碧海水力發電計畫位於花蓮縣和平溪上游，整個工區都在未經開發人煙罕至的深山中，施工初期沒有現成的道路可供行走，台電人員都

需仰賴當地原住民的帶領，循著先人的打獵步道前進，其間或搭棧橋、天梯或直接涉水，餐風露宿耗費四天三夜才能抵達壩區勘察測量，過程極為艱辛。

但也由於進入了過去不曾有媒體或遊客踏足的地區，讓勘察的台電人員見到了永生難忘的瑰麗風景，一帶清澈的水流在高聳的山林間彎曲，最後匯入海洋，像是把滿山的綠意都化在水中一樣，一望無際的太平洋在光線的照射下，呈現土耳其石般的藍綠色彩，碧海藍天，讓台電人員決定將此刻的感動以另一種形式留下，「碧海」水力發電計畫自此正式定名，成為台灣電力史上的一個美麗印記。



中興航空直升機（載運施工人員）



施工道路地質鑽探

近看和平溪

要介紹和平碧海水力發電廠，必須先從其水力來源—和平溪談起。和平溪位於台灣東北部宜蘭、花蓮縣界，南鄰立霧溪，北與南澳溪及蘭陽溪接壤。和平溪上游主要支流為和平南溪與和平北溪，匯流後為和平溪主流，於花蓮縣秀林鄉和平村注入太平洋。本溪中上游為連續峽谷，出山谷後坡降突然變緩，下游河段展開為廣闊的沖積扇。

整個流域涵蓋宜蘭縣南澳鄉及花蓮縣秀林鄉，自大濁水橋以下左岸屬南澳鄉，大多緊臨高山峭壁，腹地狹小；右岸屬秀林鄉，腹地較廣。居民大多集中於秀林鄉和平村，以泰雅族人居多，也有少數阿美族人。和平溪流域由於山多平地少，腹地狹小且土壤貧瘠，加上颱風、地震等天然災害，故農產品甚少，除早期為木材集散地外，經濟活動有限。自北迴鐵路通車與水泥專業區開發及水泥專用港建設後，始進一步提升了地區交通的便利性。

選址設壩

從1905年台灣第一座啟用的龜山發電所至今，已過了107個年頭，台灣大大小小的水力發電廠或知名、或不知名的為這塊土地上的人們悄悄運轉著，然而還是有許多地區的發電量無法跟上發展的腳步。台電指出，東部花蓮及台東地區民國99年尖峰負載60.5萬瓩，而東部地區10座水力發電廠總裝置容量18.3萬瓩，提供尖峰負載僅約12萬瓩，電力供應明顯不足，電力缺口主要由南投日月潭的水力發電廠和南部的核三廠補足。

西部南投大觀、明潭345KV超高壓輸電線路經中央山脈將電力輸送至鳳林；南部核三廠則以161KV超高壓輸電線路輸入。但是345KV依賴萬榮林道維護，目前該林道多處坍方路況不佳，致輸電線路不易維護；而161KV輸電線路長約200多公里，易受颱風正面吹襲。若上述輸電回路發生任何問題，將使得東部地區面臨分區供電甚至大區域停電窘境。且長途運送途中會損失不少電

力，成本費用相對較高，因此施建水力發電這種綠能發電勢在必行。

和平碧海水力發電廠於和平南溪上游河床標高545公尺處興建攔河壩一座，調蓄上游流量，並於壩上游右岸新設進水口引水，經一條長約6.5公里之頭水隧道，至和平溪下游河床標高100公尺處右岸山腹內新建的地下電廠發電，發電後的河水再經由長約310公尺的尾水隧道回歸和平溪本流。

整座發電廠主要的設施包括：南溪壩（壩高42公尺，壩頂長120公尺）、輸水隧道（壓力式，長6,549公尺，內徑2.7公尺）、地下廠房（長34公尺，寬16公尺，高36公尺）、豎軸佩爾頓型式水輪發電機1部，裝置容量6.12萬瓩，也是台電公司首次採用此種型式水輪發電機。

和平施工處副處長蔡進發說，溢洪道閘門約3層樓高，寬約3個車道，為穩定供電量，每天攔截儲蓄18小時的溪水，供應6小時用電尖峰時段，配合營運調度尖峰電量約5.2萬瓩，年發電量約2.37億萬度，不但有效運用自產水力能源，每年可減少約12萬噸的二氧化碳排放量，對系統供電穩定及東部用電需求都有相當助益。

艱辛過程 難以想像

和平碧海水力電廠主要工程結構物計有南溪壩、進水口、頭水隧道、平壓塔、壓力鋼管、廠房、尾水隧道及永久機電設備等，但這些設備並不會如魔法般憑空出現，一切都須要人力、物力的緊密配合。

由於從平地至壩址不僅路途遙遠，環境也十分惡劣造成進出困難，整條施工道路分為數段進行規劃。除第二段施工道路以下尚可利用和平溪河床便道及採礦便道作為人員及器材運輸外，其



頭水隧道橫坑上方滲水嚴重

餘第三、四、五段至南溪壩址的施工道路因位於原始林中，無任何現成道路可供進入，所有進出端賴蜿蜒崎嶇的和平林道，並分別自該林道32K及36K經由羊腸小徑抵達中段及壩區，全程約需10小時，沿途有毒蜂、毒蛇及野獸出沒其間，不僅辛苦且危險萬分。

還好，在台電人員集思廣益及公司支持規劃下，採用直升機作為人員交通、糧食運補及緊急救援的主要方法，更於工區選擇四處較為平坦地設置簡易之起降場方便人員進出，使進出工區不再讓人膽顫心驚。

但在正式利用直升機進行飛航工作之前，工作人員赴現地勘查、測量及調查時，還是僅能背負背包，餐風露宿於簡易帳篷中，野炊於山林間，連起碼之吃住、盥洗都成為不可多得的奢侈。為改善台電人員的工區生活並提振士氣，在前述的四處簡易直升機起降場附近興建四棟工房，內有簡單之水、電、床鋪、桌椅等基本設備，解決人員於工地作業的生活難題。

由於大部分工區如壩址、橫坑B附近因位於崇

山峻嶺中的凹地，因而產生通訊瓶頸。有線電話架設不易，一般的行動電話亦因遠離基地台而無法使用，至於一般之VHF無線電台等，更因轉接站難尋且不易維護而難以設置，和平施工處率先採用最新科技的衛星手機系統，解決通訊瓶頸。至於山區控制測量中常遇到的通訊困難、天候變化莫測致作業不易等困難，也藉由使用全球定位系統（GPS）予以解決，大幅縮短控制測量工期。

國內首見「直升機工法」

前台電董事長陳貴明在電廠落成啟用時指出，位於花蓮、宜蘭交界，座落在花蓮縣和平山

區的碧海水力電廠，由台電人員跟隨原住民們跋山涉水的勘察廠址，當時連上山的道路都沒有，更何況是運送建造用的大型機具入山，因此碧海水力計畫是國內第一個引進重型直升機深入山區吊掛機具、材料協助施工的工程，首開國內工程界與航空界在重型吊掛合作之先河，光是空中的運輸費用就超過12億元。

施工道路第二段開始到抵達壩址的各段，因受限於險峻之地形且位處原始林內，施工便道闢築困難，如果採用其他工法如索道方式吊運器材，又因索道架設極為費時無法符合工期要求。

在參考國外運用直升機於工程施工的實例後，工程第一階段地質鑽探工作承租租用直升機吊運器



地下廠房機組間襯砌施工

材施工，成效良好，並在經過美、俄、韓等國專業人員分別赴現場查勘後，都認為中重型直升機吊運作業在碧海工區確實可行。後經多方評估，並獲得公司支持後，便決定將工程施工道路第二段以上至壩址各段施築所用的機具與材料採用直升機運輸。

不論施工道路或主體工程，其所需運輸之器材雖依開築方式如露天開挖、橋樑及隧道而不同，然大抵包括：施工初期應行進場之挖土機、鑽堡、卡車、裝載機、拌合機、發電機、灌漿機等大型重件以及施工中經常所需使用之鋼筋、粗細骨材、水泥、模板及其附屬配件、油料等。

施工初期應先進場的機具如挖土機、鑽堡、卡車等大型重件，以重型直升機如SF-64E/F或MIL-26運載；至於施工中經常所需使用之物料

等，則以中型直升機如KMAX或MIL-8運載；再來零星的生活補給品等，則以小型直升機如BK-117或BELL-412型運載，發揮直升機吊運器材之效益。

尊重環境 尊重當地

面對水力發電可能帶來的環境問題，和平碧海水力發電在計畫當初便審慎進行全盤思考，希望將工程對環境造成的影響降到最低。除在山谷河道最窄處建壩，減少對植被的破壞外，全長18公里之施工道路興建，也是此計畫的關鍵工程。在工程施工期間，台電嚴格遵守ISO 14001環境管理系統各條文之要求，對環境影響說明書內之承諾事項與審查結論，確實執行各項環境影響減輕對策，並配合環境監測辦理環境保護工作，以

減輕施工對環境造成之衝擊。

為了保護自然資源，減少水土流失，在施工道路全線共興建12座隧道及12座橋梁，來減少開挖山壁土方，施工中確實依水土保持計畫落實執行，台電公司依水土保持法規定，於工區內設置棄碴場妥善處理，棄碴堆置後，在坡面進行植被綠化，使棄碴場隱身為山林的一部分。

而施工道路沿線深入崇山峻嶺，蜿蜒的線形配合邊坡綠化植草、攀藤植物等，讓電廠完成後的美麗景緻令人讚嘆。壩區景觀遍植山櫻及杜鵑，配合蓄水後之湖光山色，讓整條施工道路可媲美風景區的觀光道路，將可提供秀林鄉吸引觀光發展的利基，也為未來的水力發電計畫樹立新典範。

整體而言，和平碧海水力發電環境管理系

統採用減廢工法，創造環境績效外，並可降低工程成本。並以鼓勵全員參與建立環保共識，及督導承商降低施工對環境的影響，落實汙染預防工作，做到全員參與。對外，則藉由「溝通」做好民情處理及與環保團體保持良性溝通，最終期望建立一套大型營建工程的環境管理系統，可適用於國內公共工程，做到施工與環保兼顧的目標。

台電和平施工處還表示，台電公司在花蓮木瓜溪各電廠發電景觀形成慕谷慕魚風景區，促進當地觀光產業發展，每日遊客絡繹不絕，提供民眾休閒育樂的好去處。因此台電公司推動中之萬里水力發電計畫，承諾電廠之外觀將融入原住民之文化及風貌，以成為原住民族文化及風貌之電廠，充分表現對原住民族傳統領域的尊重。對於民眾希望發展電廠附近溫泉，台電公司也承諾將



台電人員進行壓力鋼管路的鋼軌修護



南溪壩施作全景

通往廠房區通達道路延伸至溫泉頭，有利開發溫泉觀光產業，為地方溫泉及花蓮觀光產業發展預留基礎，創造台電公司與地方雙贏的未來。

15年心血 落成啟用

原定於2007年開始商轉的和平碧海水力發電，在興建過程中遭遇水土保持相關法令變更、山區測量困難、颱風災損、全斷面鑽掘機因地質因素遭夾埋等問題，更提高了原本就極具挑戰性的工程難度，一路戰戰兢兢，終於全部完工。

2011年，花蓮縣秀林鄉和平碧海水力發電計畫在歷時約15年、耗資165億元後，終於在該年年底正式營運，利用海拔545公尺的攔水壩儲水，再經由6千5百多公尺長的導水隧道，透過高低差約177公尺的水壓，推動水輪發電機組產生電力，年發電量2億3千7百萬度，可提供的尖峰負載電力約6萬瓩，約等於6萬5千戶家庭1年的用電量。

台電和平施工處表示，南溪壩調整池以超大型溢洪道閘門擋水方式蓄水，因以攔河堰調整池式發電，若遇上颱風來襲水量暴增，壩體所有閘

門全開，洪水可全部順流通過壩體，壩體內不會產生土石淤積。又因水位每日升降，並不會產生水庫式發電製造二氧化碳及產生有機質的問題。

為維持發電與負載的平衡，和平碧海水力機組於每日約上午十時至下午四時負載進入高峰期時開始發電，由於閘門一開便能將水洩出，水力機組可隨時配合用電需求快速啟動，約三分鐘即可達滿載，此一調度模式除可降低整體發電成本外，亦可即時控制電力系統頻率與電壓，提供用戶品質優良的電力，提高供電可靠性。水力發電機組起動迅速的優點，也能成為整體電力系統的備用救急資源。

水力發電的未來

水力發電不僅是來自大自然的潔淨自產能源，更可提供尖峰發電及系統調頻的功能，因此，台電自台灣光復初期就持續開發全省各地水力發電資源。在東部地區，由於水力發電能源的蘊藏量豐沛，因此前後在木瓜溪及立霧溪等流域共興建了瀧澗、龍溪、水簾、清水、清流、銅門、初英、榕樹、立霧及溪口等電廠，再加上和平溪和平碧海電廠，總共11座電廠，裝置容量已達24.4萬瓩。

花蓮縣境內花蓮溪、秀姑巒溪及立霧溪蘊藏豐富水力資源，根據民國84年水力普查資料，技術及經濟可行具發電潛能尚未開發高達67.34萬瓩，台電將持續開發，以結合觀光方式規劃，推動東部地區水力計畫開發，將能就近供應東部地區電力，降低東部地區供電風險，並充分有效運用自產水力能源，作為未來推動環保再生能源重要的典範。

並透過向電廠所在地的居民開放申請「促進



南溪壩蓄水情形

電力開發協助金」，將發電的收入依比例回饋給當地鄉親，協助地方經營與社區發展。今年，受到颱風蘇拉侵襲的秀林鄉、南澳鄉受災居民，也先緊急由台電提供碧海電廠和平施工處的空間，安置80多戶居民，成為當地居民的堅實依靠。

今日，在台灣電力中，水力發電占台灣電力裝置容量約11%，但實際生產量約僅占電力整體供應的4%左右，比例不高，但這並不代表水力淡出了發電的行列。由於台灣的水力發電開發甚早，技術相對成熟，只要持續改善與增進現有水力發電的效能，應可有效增加水力發電的生產量；另一方面，獎勵開發小規模的水力發電，聚沙成塔，相信亦能達到可觀的成效。有了和平

碧海水力發電廠寶貴的施工經驗後，台電將會持續推動水力發電，達成能源、環保與經濟三贏的目標。🌊

（若機關團體有參觀水力發電廠的需求，可直接向台電公司各水力發電廠申請，更進一步瞭解水力發電，但目前碧海水力發電廠並無開放參觀之規劃。）



聯外道路