



百年永續 抽蓄儲能— 大甲溪光明抽蓄水力發電計畫

中興工程顧問股份有限公司技術經理 / 黃敏智

中興工程顧問股份有限公司部門協理 / 邱華榮

中興工程顧問股份有限公司副總經理 / 李民政

台灣電力公司營建處計畫工程師 / 邱詠兆

台灣電力公司營建處計畫經理 / 高淑娟

台灣電力公司營建處處長 / 陳憲能

關鍵字：再生能源、儲能、抽蓄水力、變頻機組、淨零碳排

摘要

隨著風力發電、太陽能發電等間歇性再生能源的佔比逐漸上升，其間歇性發電特質，將對電網穩定供電的衝擊，需要配合儲能系統與智慧電網建立分散式電力系統，方能精準調控電力才能達到最佳穩定供電效用。大型儲能設施以抽蓄水力電廠技術較為純熟，其單位成本較低、具長時效之大量電能供給，可在短時間內及時提供電力系統負載需要，除對電力系統有調頻、調壓之功能外，亦具有「抽蓄發電、削峰填谷」，配合電力系統及時供電，提高電力系統調度穩定性的功能。

光明抽蓄水力發電計畫位於台中市和平區，擬利用大甲溪上游之既有德基水庫為上池，谷關水庫為下池，開發抽蓄水力發電廠。本計畫無需新建水庫，僅需新建水路及地下廠房，對環境影響相對較小。廠房內預計可裝設 350MW 以上之機組容量。光明計畫現已進入二階環評審查階段，預計於民國 126 年 6 月完工商轉，電廠營運後將可提供電力系統每年約 7.7 億度電之蓄電功能。

光明電廠未來發電係以提供傍晚之二次尖峰 4 小時為原則，每次抽蓄運轉之水量為 223 萬立方公尺。未來配合發電放水及抽水蓄能，上述水量將在上池（德基水庫）及下池（谷關



水庫)間移動;如配合水庫排洪操作,發電後之水量將排入谷關水庫下游之大甲溪河道中。光明抽蓄電廠之抽蓄操作,除不影響既有德基水庫及谷關水庫之運轉功能外,未來可增加水資源及電力系統調度之穩定性,為我國邁向2050淨零碳排中,不可獲缺之重要建設。

一、前言

近年來政府持續推動再生能源轉型已具成效,台灣中南部地區由於日照充足,已是太陽光電發展的重要地區,另由於台灣海峽之風力資源豐富,離岸風力亦迅速發展中。隨著我國風力發電、太陽能發電等間歇性再生能源之佔比提升,其發電之間歇性特質,將對電網穩定供電造成衝擊,需配合儲能系統與智慧電網,方能精準調控電力,達到最佳穩定供電之目標。故在發展再生能源下,同時亦需要更多的儲能設備以協助電力調度,增加整體電網韌性。因此儲能成為能源轉型中不可或缺之要角。

儲能係將能源轉化為其他形式之能量,並儲存於儲能裝置,於能源需求時,再將能量從裝置中釋出。儲能設施主要可分為分散型儲能以及大型儲能等兩種類型。分散型儲能以電池為大宗,電池目前迅速發展之化學儲能設備,例如鉛酸電池、鋰電池、鋁電池等。大型儲能設施以抽蓄水力電廠技術最為純熟,其單位成本較低、具長時效之大量電能供給、可在短時間內及時提供電力系統負載需要等優點,故除了對電力系統具有調頻、調壓之功能,亦具有「抽蓄發電、削峰填谷」,配合電力系統及時供電,提高電力系統調度穩定性的功能。

而大甲溪光明抽蓄水力計畫係利用既有德基水庫及谷關水庫為上、下池,水位落差可超過400公尺,預計可裝設350MW以上之機組容量(350MW為可研核定值,已擬擴增容量尚待核定)。光明抽蓄電廠不需新建大壩蓄水,為我國難得之優良抽蓄水力廠址,目前正由台電公司積極推動中。

二、光明抽蓄水力電廠於電力系統中所扮演的角色

2-1 我國未來之電力系統架構

依據經濟部能源署之統計,我國於112年底太陽光電裝置容量已達1,241.8萬瓩、離岸風電達176.3萬瓩,現行太陽光電發電挹注白天的供電能力,已可滿足白天尖峰6小時的用電需求,因此電力系統調度重心改為關注夜尖峰(約3-4小時)之用電調度。現階段規劃114年再生能源發電占比將達15.0%,115年11月起再生能源發電占比可達20%之目標。

由於太陽光電是一種間歇性能源,日開始發電、逐步上升至中午時段達到發電量高峰,之後於傍晚時段因太陽下山逐步下降最後停止發電。而為了平衡各時段之用電需求,傳統電廠必須因應太陽能起伏不定的發電量,在早上太陽能發電量增加時,將部分機組卸載,以避免電力供過於求。然而在傍晚時段太陽能發電量驟減時,又要快速提升傳統電廠的發電量,補足晚上太陽能不發電的電力缺口。因此,一天的用電需求曲線扣除太陽能發電後,剩下由傳統電廠發電量所畫出來的曲線看起來會像一隻鴨子,此即所謂之『鴨子曲線』,如圖1所示。

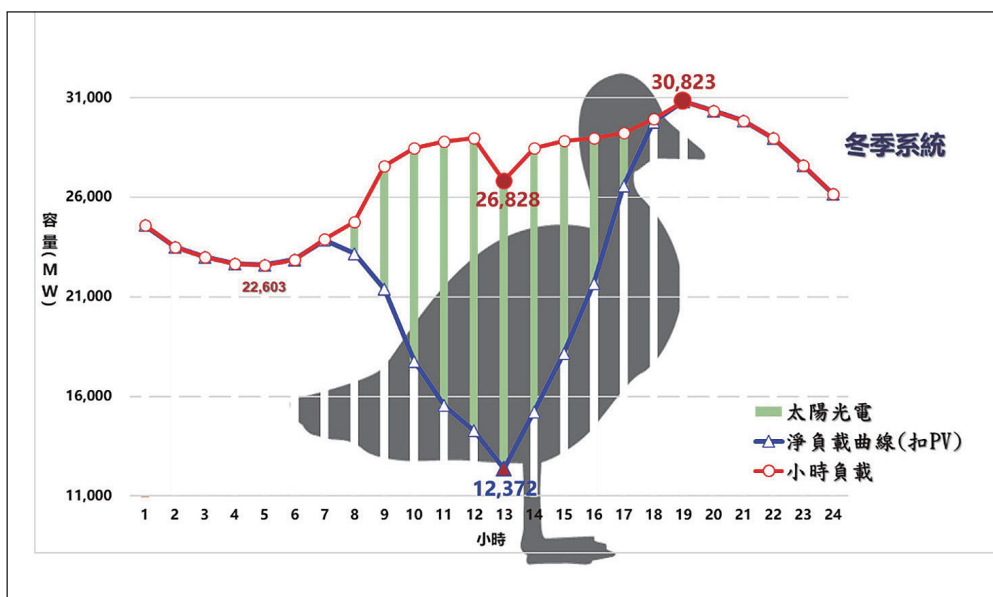


圖 1 台灣未來用電曲線圖

2-2 光明抽蓄電廠對電力系統之預期效益

1. 提升電力系統調度穩定性

未來電力系統扣除太陽光電發電量後之最低系統淨負載將出現在白天，故該白天時段火力機組需配合降載或解聯停機；而為配合傍晚太陽光電大幅度降載，火力機組能及時提高發電量來供應負載缺口之需要，火力機組白天降載時仍必須維持一定百分比之最低運轉出力。故白天時火力機組需有一定百分比發電量由抽蓄機組來抽水儲能，幫助火力機組維持即時升載運轉所需最低出力需要。因此抽蓄水力電廠需以白天抽水儲能，並於晚上二次尖峰負載時段（或電力系統需要時）放水發電。

2. 提升電力系統併網穩定性

未來大量 PV 併網，因其出力受自然因

素而隨時改變，將對系統瞬時負載造成大幅度變動，新建大型儲能抽蓄電廠將可藉 AGC（自動發電控制）能力，穩定電力系統瞬時負載變化。

3. 配合電力系統需求儲能及發電

光明抽蓄水力發電計畫因應未來太陽光電及風力大量開發，其不受系統調度特性，將導致火力升降載操作過於頻繁，故可將火力電能抽水儲存（如圖 2 所示）。另可運用其啟動迅速、運轉靈活特性，於傍晚太陽光電快速大幅降載時，適時供應火力機組升載不及所短缺之電力缺口（如圖 3 所示）。

4. 提供輔助服務功能

新型抽蓄機組具變頻能力，以及減少火力機組升、降載及起停操作迅速、運轉靈活、調頻、調壓及緊急救援等輔助服務功能。

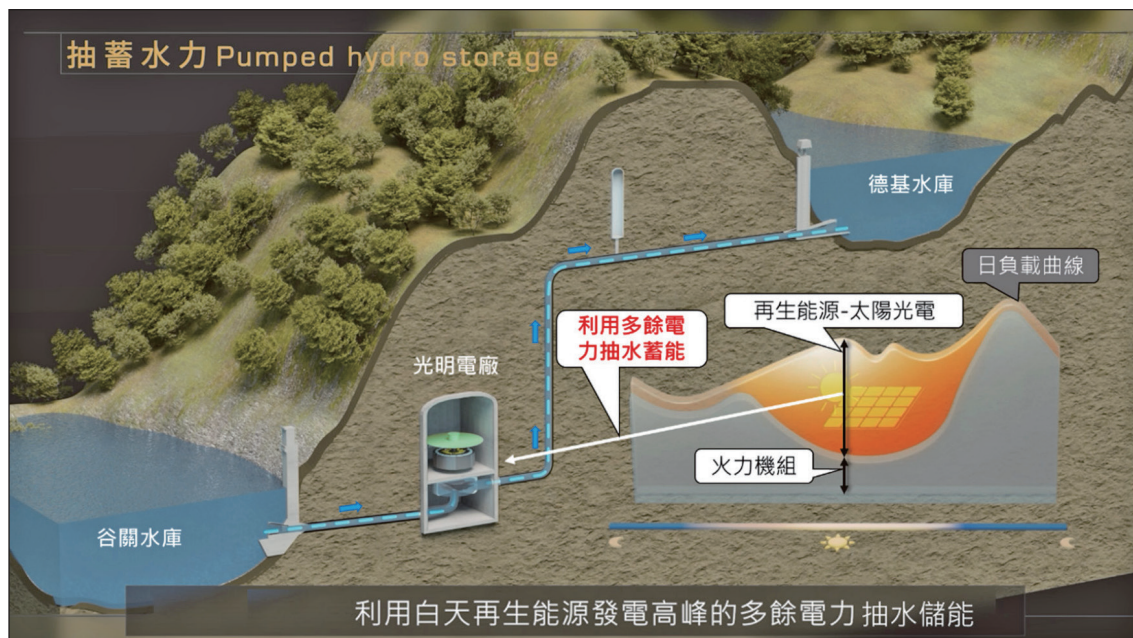


圖 2 光明電廠抽水蓄能示意圖

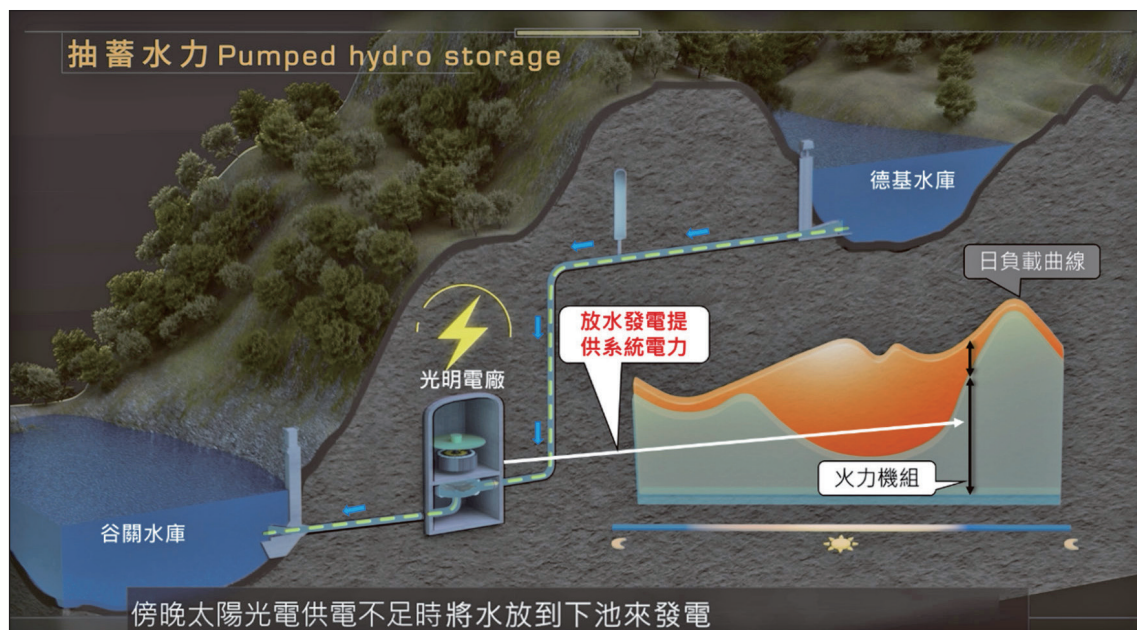


圖 3 光明電廠放水發電示意圖



三、光明抽蓄水力計畫簡介

3-1 計畫概述

光明抽蓄水力發電計畫位於台中市和平區，擬利用大甲溪上游之既有德基水庫為上池，谷關水庫為下池，開發抽蓄水力發電廠。

上池進水口擬設於大甲溪德基大壩上游約 535 公尺、達盤溪口下游約 400 公尺處左岸，后銜接一條沿大甲溪左岸山腹內設置的長約 10.6 公里新建頭水隧道，穿越必坦溪、登仙溪及久良屏溪等溪床下方，再銜接一新建地下式平壓塔及長約 941 公尺

（含分歧段總長 1,916 公尺）之新建壓力鋼管，至谷關壩左岸之馬來山與台 8 線下方間之山腹內，並於該山腹內新建長 108 公尺、寬 22 公尺、高 47 公尺之地下廠房及地下開關場，廠房內設置 4 部豎軸可逆式法蘭西斯式抽蓄機組，設計發電水頭 423.4 m、設計發電流量 155 cms，預計可裝設 350MW 以上之機組容量。抽蓄電廠完工後預估年平均發電量約 767.65 百萬度，年平均抽水電能為 988.04 百萬度，發電後尾水以平均長約 250 公尺 4 條新建尾水隧道放至谷關水庫，新建出水口擬設置於谷關壩上游水庫左岸，距谷關分廠進水口約 125 m 處。光明電廠之工程布置及水路縱剖面圖如圖 4 及圖 5 所示。



圖 4 光明電廠工程布置圖

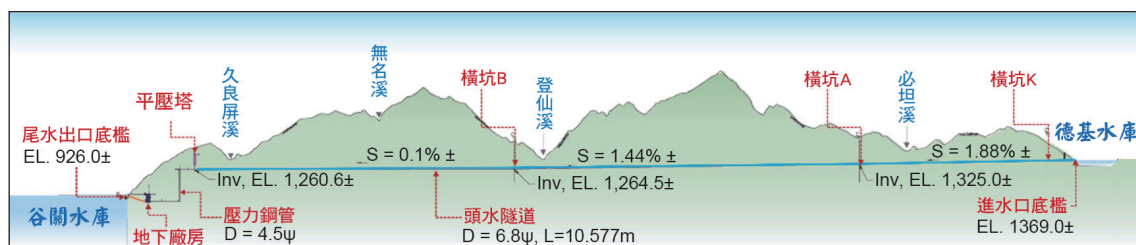


圖 5 光明電廠水路縱剖面圖

3-2 主要設施介紹

1. 上池進出水口

上池進出水口設置於德基壩上游水庫左岸，達盤溪口西側，屬於一般鋼筋混凝土結構物。上池進出水口之寬度 22.4 m，高度 15 m，而其有效斷面之淨寬 19 m、淨高 13.5 m，進口設計流速為 0.6 m/s。

2. 頭水隧道

頭水隧道進口設於進水口末端，並沿大甲溪左岸山腹內設置，穿越必坦溪、登仙溪、無名溪及久良屏溪等溪床下方。頭水隧道設計流量為 155 cms，採壓力式圓型斷面設計，內徑採 6.5 m、設計流速為 4.67 m/s。

3. 平壓塔

頭水平壓塔設置目的在保護頭水隧道及壓力鋼管路，一般設置於頭水隧道末端及壓力鋼管路之啟點。平壓塔於電廠負載減少時有效的降低水錘壓力，且吸納頭水隧道流入之水量以消除水流之動能；而於負載增加時適時釋出水量迅速地供給新負載之需要量，避免壓力鋼管上彎段產生負壓及水柱分離現象。

平壓塔式採用制孔式地下平壓塔，並須配合 4 部機組之湧浪水理分析需求，平壓塔之內徑規劃為 20 m、塔身高度約為 140 m、高度約為 140 m，制水孔內徑為 2.9 m，制孔段長 50 m。

4. 上閘室

於壓力鋼管上分歧段設置二座上閘，上閘一般為保持常開，當水輪機之主閘需檢修時關閉，以放空下游側之壓力鋼管內水量供人員進行檢修。

5. 壓力鋼管

由於發電水路末端之水壓力大，一般採鋼管設計以達到設計壓力之需求。壓力鋼管始於頭水隧道末端，主要包含一條上水平段（內徑為 5 m），二條上分歧段（內徑 4.0 m），二條高差 388 公尺之垂直段（內徑 4.0 m）鋼管，二條下水平段（中心線高程 E1.875.0 m），後段配合 4 部機組再設置下分歧鋼管，由兩條壓力鋼管分為 4 條壓力鋼管（如圖 6 所示）。

6. 地下廠房

本計畫主地下廠房位於谷關壩左岸之馬來山與台 8 線下方間之山腹內，地下廠房之

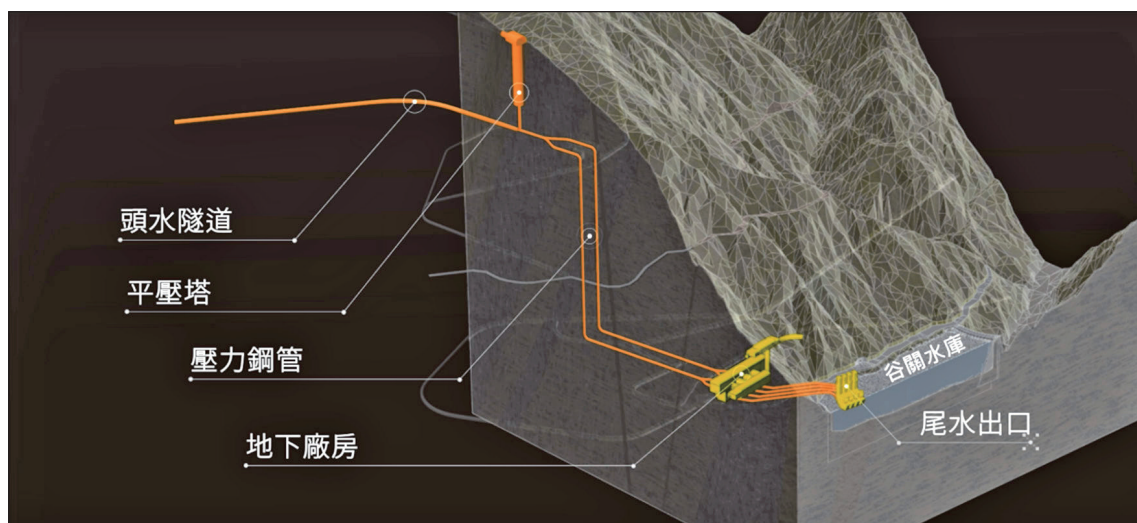


圖 6 光明電廠平壓塔、壓力鋼管及地下廠房之 3D 透視圖

空間需求係以 4 部抽蓄水力機組作規劃考量，內部空間尺度為 108 m 長 × 22 m 寬 × 47 m 高。機組中心高程設於 EL.875 m，廠房裝機平台設於 EL.890 m。

7. 交流激磁機室

一般傳統抽蓄電廠（明潭及觀二抽蓄電廠）係採用定速抽蓄機組，故其在抽蓄抽水操作時，個別機組無法調整抽水入力大小，對於電力系統調控缺乏彈性。本光明電廠係採可變速抽蓄機組，即可調整個部機組之抽水入力大小，電力調度彈性大。交流激磁機即為控制機組變速之設備。交流激磁機室緊鄰地下廠房下游側，配合主機組之配置設置四座，其長 30 公尺、寬 10 公尺、高 15 公尺之地下空間，每座間距 10.5 公尺。交流激磁機室下游側則連接地下主變壓器室。

8. 主變壓器室

設置於地下廠房下游 30 公尺處，以四座交流激磁機室與地下廠房相連接，平行設置主變壓器室，內部空間尺度為 88 m 長 × 18 m 寬 × 20.8 m 高。

9. 電纜及通風豎井

為利地下廠房之人員進出電梯、通風、排水及電纜架設等需求，於地下主變壓器室西南側規劃 1 條內徑 8.0 m、高度約 70 m 之電纜及通風豎井，利用此豎井可連接地下廠房及主變壓器室平台（EL.890 m）及地下開關場（EL.958 m）。

10. 地下開關場

地下開關場規劃設於主變器室之上方，並與電纜及通風豎井之上部共構。主設備層設於 EL.958 m，內部空間尺度為 81 m（長）× 20 m（寬）× 18 m（高）。



11. 電纜廊道

於地下開關場東側規劃一條電纜廊道，電纜廊道向東北側設置至台 8 臨 37 道路之鄰山側出洞，並於該洞口平台規劃設置一座高架連接站輸電鐵塔後，再以 161 kV 高壓電源線輸送至天輪電廠。

12. 尾水隧道

配合地下廠房 4 部機組規劃 4 條尾水隧道，隧道內徑為 3.5 m，設計流速為 4.03 m/s，內圓外馬蹄形斷面，長度約為

250 公尺。

13. 下池進出水口

下池進出水口設置於谷關壩上游水庫左岸，距谷關分廠進水口約 145 m，屬於一般鋼筋混凝土結構物。下池進出水口之總寬度 48.5 m，高度 10 m，分 4 座以併列於台 8 線下邊坡。其有效斷面之淨寬 8.5 m、淨高 8 m，平均流速為 0.57 m/s。出口流速低，可避免抽蓄運轉時衝擊對岸或吸附異物。

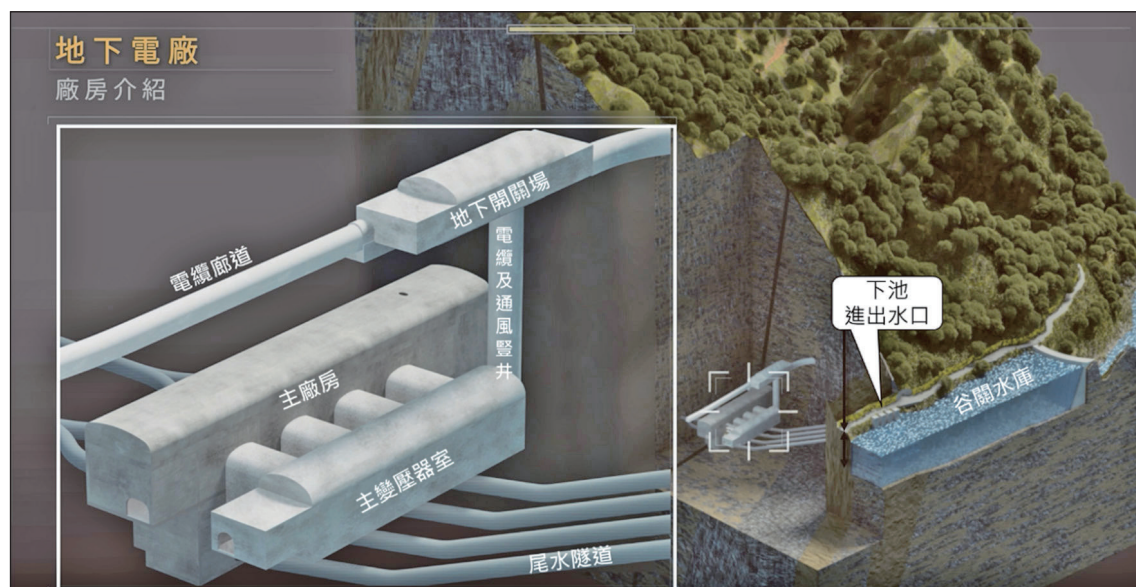


圖 7 光明電廠地下廠房區 3D 透視圖

3-3 地質特性

有關本計畫區域之地質狀況，可藉由早期鄰近計畫工程之地質調查與工程回饋經驗進一步了解及掌握，以確保日後施工之安全

性。目前已蒐集之資料包含：光明計畫（可研階段）、下達見水力計畫、青山復建、谷關復建、台 8 臨 37 線易致災路段工程與 63 k 地滑區治理工程等資料。

本計畫區域出露地層包括始新世至中新



世之白冷層、佳陽層與全新世之階地堆積層及沖積層等，各地層特性說明如下。

1. 白冷層

白冷層可分為上、中、下段，本計畫頭水隧道（武陵斷層以西）至谷關水庫區域出露白冷層之中段及下段：

- 白冷層中段：以板岩為主夾薄層變質砂岩或粉砂岩，以及變質砂岩與板岩互層。
- 白冷層下段：以變質砂岩為主，部分夾有變質砂岩與板岩互層。

2. 佳陽層：

佳陽層出露於武陵斷層以東至德基水庫區域，主要由板岩所組成，夾薄層變質砂岩。

3. 階地堆積層及沖積層：

該地層出露於大甲溪河道及兩岸，由未固結之礫石、砂及泥組成，為本計畫工程土石堆置場之範圍。

本計畫區域之岩層因受造山運動之強烈擠壓作用，而產生不同程度之變形及擾動，因此發育多處小規模之斷裂及褶皺構造，設施沿線通過武陵斷層、光明橋背斜、青山斷層、E斷層等構造，工程挑戰艱鉅。

3-4 光明電廠運轉原則及對既有水庫之影響

光明電廠未來發電係以提供傍晚之二次尖峰4小時為原則，如本電廠設計流量155 cms計，則每次抽蓄運轉之水量為223萬立方公尺。未來配合發電放水及抽水蓄能，上述水量將在上池（德基水庫）及下池（谷關水庫）間移動。惟如配合水庫進行排洪操作，則發電後之水量將排入谷關水庫下游之大甲溪河道中。

3-4-1 上池（德基）運轉原則

1. 一般抽蓄運轉

未來如德基水庫水位在之抽蓄運轉範圍內，即水位介於滿水位 EL.1,408 m 及最低運

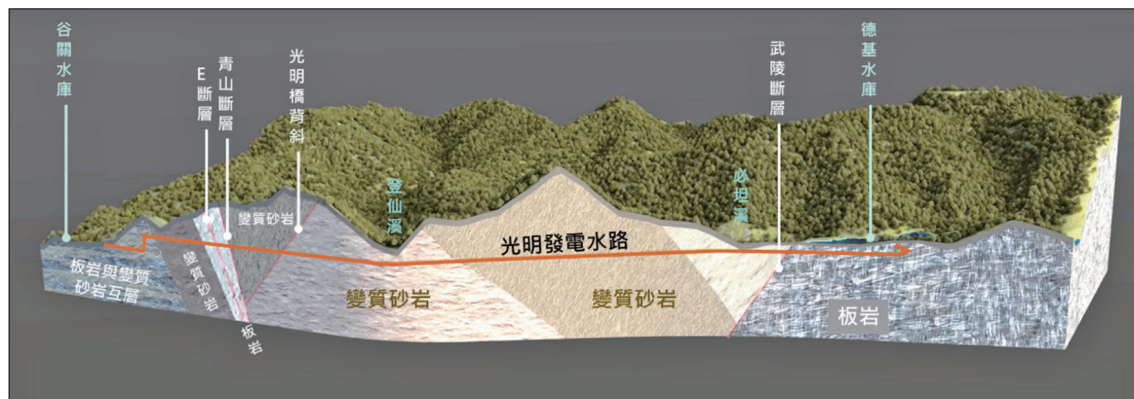


圖 8 光明電廠發電水路沿線工程地質示意圖



轉水位為 EL.1,385 m 間，則光明抽蓄電廠由其發電水路進行發電與抽水操作，而依每日抽蓄水量估算每次抽、發電時德基水庫之水位變化為 0.52（高水位）~ 0.95（低水位）公尺，水位變位對於德基水庫之原蓄水操作影響甚小。

2. 配合排洪之發電運轉

光明電廠未來如豐水期或排洪期間，原利用排洪道進行溢流之水量，將改以利用光明電廠之水路進行發電放水，可提高整體發電效益。

3. 枯水期之抽蓄運轉

枯水期時，如上池（德基水庫）水位低於光明電廠最低運轉水位 EL.1,385 m 且高於時德基電廠最低發電水位 EL.1,350 m 時，進行以德基與青山分廠聯合操作，即利用德基及青山分廠進行發電，後再以光明抽蓄機組抽水至上池儲能，可在不影響下游供水需求下，維持抽水蓄能之功能。

3-4-2 下池（谷關）運轉原則

1. 常時發電運轉操作

光明抽蓄運轉於下池之最低水位為 EL.935 公尺，谷關水庫於運轉水位間之有效庫容為 344 萬立方公尺（EL.935 ~ 950）。每次抽、發電時谷關水庫之水位變化為 11 公尺。

2. 配合排洪之發電運轉

本電廠如遇排洪期間，在維持排洪需求下，發電尾水將直接於谷關水庫向下游排放，不再由光明抽蓄機組抽水至德基水

庫。且為能維持谷關水庫之長期有效庫容，谷關水庫應藉洪水時期洪水量進行空庫排砂，除可避免上游來砂淤積於谷關庫區，且可藉由水力排砂操作將壩前淤砂排至谷關壩下游河道。

四、結論

光明抽蓄水力發電計畫擬利用大甲溪上游之既有德基水庫為上池，谷關水庫為下池，開發抽蓄水力發電廠，無需新建水庫，僅需建發電水路及地下廠房即可，對環境影響相對較小，廠房內預計可裝設 350MW 以上之機組容量。預計未來每年可蓄電約 7.7 億度電。為我國邁向 2050 淨零排放之道路上，不可或缺之重要建設。

參考文獻

1. 台電公司，「大甲溪光明抽蓄水力發電計畫可行性研究_裝置容量擴充研析報告書（修訂三版）」，2024 年 6 月。
2. 經濟部能源局，「能源轉型政策策略報告」，2024 年 4 月。
3. 國家發展委員會、行政院環境保護署、經濟部、科技部、交通部、內政部、行政院農業委員會、金融監督管理委員會，「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，2022 年 3 月。