111年度
農田水利設施更新改善工程
委託技術服務工作

服務建議書



目次

表目錄.....iii

圖目錄.....iv

壹、公司能力與健全性.....1

1.1 廠商能力與專業資格.....1

1.2 公司實績與相關經驗.....1

1.3 計畫主持人與履約團隊.....1

1.4 人員資格、證照與證明文件.....1

貳、興建計畫.....2

2.1 開發策略與基礎調查.....2

2.2 小水力與機電系統規格.....5

2.3 引水、管路與渠道介面設計.....9

2.4 機組裝設、檢修與團隊介面.....15

2.5 施工期程、許可關卡與場址條件.....19

參、營運計畫.....36

3.1 營運組織與現場人力配置.....36

3.2 運轉、維修、監控與備援.....40

3.3 供水穩定與渠道安全維護.....46

3.4 防汛與緊急應變.....51

肆、廠商投標值.....57

4.1 容量與每日發電量估算基礎.....57

4.2 投標值計算與決策意義.....60

4.3 售電回饋金百分比.....63

伍、結論.....64

5.1 綜合結論.....64

參考文獻.....65

表目錄

表 1 開發基線調查與設計輸入登錄表.....4

表 2 小水力機組選型與放行準則.....7

表 3 機電設備功能規格與驗收證據表.....8

表 4 水理計算輸入、結果與判定矩陣.....12

表 5 渠道與結構介面計算及驗證表.....14

表 6 機組裝設、團隊責任與查驗停留點.....17

表 7 施工期程、查核點與放行證據表.....21

表 8 土地、許可、饋線與景觀條件登錄表.....22

表 9 建置預算每瓩規劃基準表.....31

表 10 營運任務責任與升級矩陣.....38

表 11 營運人力功能覆蓋與查核表.....39

表 12 設備維修分級、觸發與復歸證據.....41

表 13 監控、告警、聯鎖與資安驗證矩陣.....43

表 14 設備備援、備品與營運 KPI 控制表 45

表 15 供水穩定、警戒與機組操作控制矩陣.....48

表 16 渠道巡查、清理與安全維護頻率表.....49

表 17 防汛及重大事件初動與通報矩陣.....54

表 18 事件復歸、演練與持續改善查核表.....55

表 19 投標容量與每日發電量估算及複核表.....59

表 20 投標值計算、風險與文件一致性審查表.....62

圖目錄

圖 1 案場開發基準與調查決策架構.....3

圖 2 小水力機電系統選型與保護協調架構.....6

圖 3 離槽型引水與渠道銜接介面控制圖.....11

圖 4 機組模組化裝設、試驗與檢修閉環.....16

圖 5 設計報審、許可、施工與併聯關卡地圖.....20

圖 6 履約建置期程甘特圖（一）：第 1 至 12 週.....25

圖 7 履約建置期程甘特圖（二）：第 13 至 24 週.....26

圖 8 履約建置期程甘特圖（三）：第 25 至 36 週.....27

圖 9 履約建置期程甘特圖（四）：第 37 至 48 週.....28

圖 10 履約建置期程甘特圖（五）：第 49 至 53 週.....29

圖 11 營運指揮、現場處置與紀錄治理架構.....37

圖 12 灌溉優先與防汛應變閉環.....53

圖 13 容量、發電量、收入與回饋金決策鏈.....58

壹、公司能力與健全性

1.1 廠商能力與專業資格

1.2 公司實績與相關經驗

1.3 計畫主持人與履約團隊

1.4 人員資格、證照與證明文件

貳、興建計畫

2.1 開發策略與基礎調查

本案場域位於能高大圳東幹線 0k+000 至 0k+120，開發範圍以渠道及其兩側可合法使用位置為基礎，採離槽方式配置水工與發電設備。前期工作首先維持灌溉功能、渠道結構安全與既有瀑布景觀，再檢核可用水力、施工可達性及併網條件；裝置容量不是先行假定的設計起點，而是量測、審查與風險評估完成後的輸出。近年流量附件只能作歷史背景，因既有測點位於擬建案場下游，不能直接代替取水點的同步量測，也不能據以補造有效水頭、設計流量或日發電量。

開發工作分成基線建立、方案比較、設計凍結與報審執行四個階段。基線建立同步辦理渠道水位與流量量測、上下游高程測繪、既有構造目視及非破壞檢測、用地權屬與管線盤點、維護通道和吊裝動線確認；方案比較則以灌溉不中斷、可隔離、可檢修、尾水可靠回渠及環境干擾可回復為門檻。設計凍結之前，所有待測資料均列入假設清冊並指定責任人、來源、版本與到期日，避免把尚未取得的土地、饋線或機關意見寫成既成條件。

0k+000 至 0k+120 的空間條件、離槽取水與尾水回渠關係，必須與調查工作包共同檢視，才能辨識水理輸入、渠道介面、土地和施工動線之間的依存性。灌溉優先、渠道安全與景觀維護是貫穿現勘、方案比較和設計凍結的三道關卡；任一關卡未能以測量、檢測或權利文件支持，即不進入不可逆採購。每項輸入皆須回連原始量測檔、照片、儀器校正紀錄及審查版本，作為後續水理、結構、機電和許可成果的共同基準，如圖 1 所示。

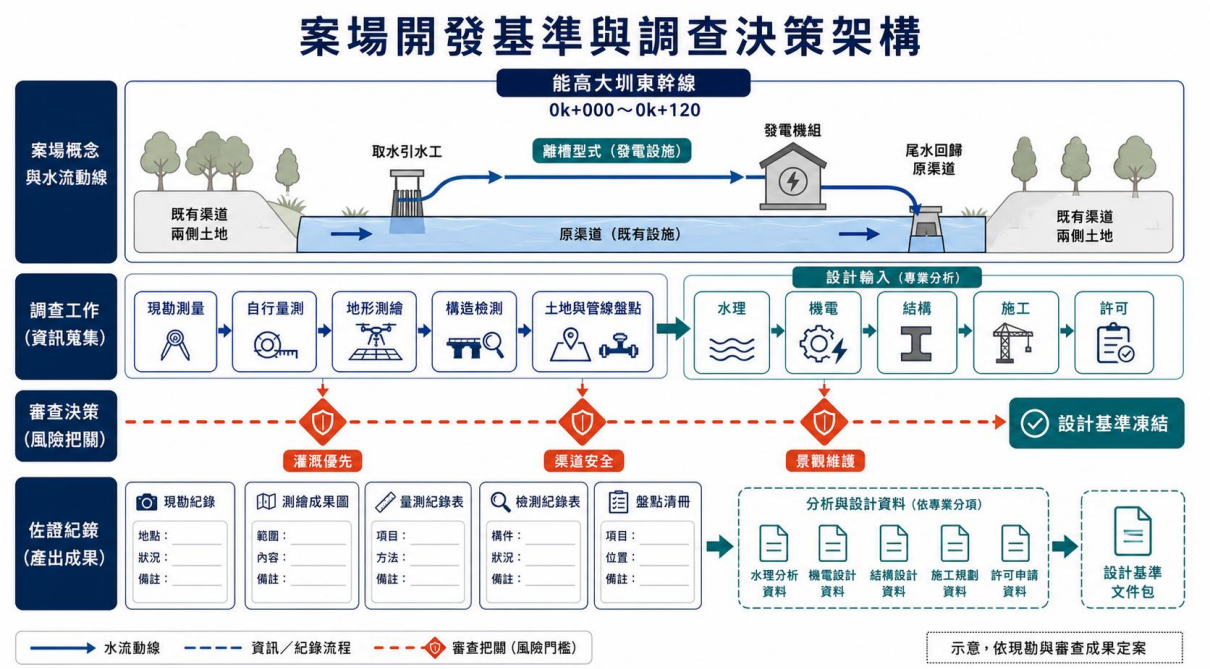


圖 1 案場開發基準與調查決策架構

調查採旱、豐水情境與灌溉操作同步記錄，量測點至少涵蓋取水候選位置、機組前後及尾水回渠位置；同一時段併記閘門狀態、天候、渠道操作事件與儀器狀態，才具可比性。地形測量建立高程控制網，結構調查區分既有渠道、擬新增銜接構造及施工臨時設施，土地盤點則把所有權、使用同意、租約、通行及管線衝突分開管理。依《水利法》辦理水源使用與水利設施相關法定程序，並依《農田水利法》及《農田灌溉排水管理辦法》將灌溉供水與農田水利設施管理條件納入設計邊界；實際許可內容仍以主管機關個案審查為準。（法務部，2023；農業部，2020；農業部，2025）

基線資料不能只列是否完成，還須說明採集方法、品質門檻、決策用途與可交付證據。流量與水位資料支援可用水力及停機邏輯，高程與斷面支援有效水頭和回水檢核，非破壞檢測支援既有側牆能否介接，土地與饋線資訊則決定可施工性及申設路徑。各項成果在設計凍結會議逐筆判定接受、補測或改線，會議紀錄及版本化基線清冊共同構成審查軌跡，並以未通過項目觸發補測、風險升級與設計版本更新，如表 1 所示。

表 1 開發基線調查與設計輸入登錄表

調查項目	方法與範圍	品質控制	設計用途	交付 / 查核證據
流量與水位	候選取水、機組前後及回渠點同步量測	儀器校正、時戳、閘門與天候事件併記	可用流量、操作限制、停機條件	原始檔、校正證明、量測報告
高程與斷面	控制點、渠道斷面及設備候選位置測繪	閉合差檢核、坐標與版本管理	有效水頭、水理與土建配置	測量成果、斷面圖、控制點紀錄
既有構造	目視、敲擊及必要非破壞檢測	缺失定位、影像編碼、專業判讀	側牆介接、結構改善或避讓	檢測報告、缺失圖、判讀紀錄
土地與通行	權屬、租約、使用同意、維護與吊裝動線盤點	地號、權利人與圖資交叉核對	設施落點、施工與長期維護	權利清冊、協議文件、動線圖
饋線與電力	併接候選點、責任分界及申請資料盤點	申請版本與台電回覆追蹤	併接電壓、保護與工期	申請文件、會勘紀錄、審查意見
景觀與環境	瀑布視域、噪音源、植被及施工擾動盤點	定點影像、日期與視角一致	遮蔽、復舊及操作約束	影像基線、維護方案、復舊紀錄

方案比較採「先排除、再排序」方式：先排除會減損灌溉、無法安全隔離、侵害未取得用地或缺乏檢修動線的方案，再比較發電效率、施工風險、維護成本及景觀衝擊。基線資料完成後，水理、結構、機電、土地與併網負責人共同簽認設計輸入，任何後續變更都須記錄原因、影響工項、重新計算範圍及審查狀態。最終交付包括調查

報告、方案比較紀錄、風險台帳、設計輸入清冊與凍結會議紀錄，讓機關可由設計結果反查資料來源，也讓施工團隊在現地條件變動時能依相同邏輯處理。

2.2 小水力與機電系統規格

小水力機電系統由場址實測水力條件、渠道操作邊界、預期負載區間與併網責任分界共同決定。選型流程先建立可用流量歷線與有效水頭，再比較水輪機在不同流量下的效率、空化風險、過速特性、攔污需求及維修方式；發電機、盤控、保護、計量、升壓與通訊設備則依容量輸出、併接方式、環境條件和故障隔離需求整合。所有規格先以功能與性能門檻表達，不指定未經競爭與審查的品牌或型號。

初步輸出功率以水力、機械、發電機及電氣效率連乘估算，日發電量再依各時段可用流量與運轉時間加總；灌溉需求、停水、最低穩定運轉流量及設備停機時間均須先自可發電時段扣除。

$$P_e = \rho \times g \times Q_d \times H_n \times \eta_t \times \eta_g \times \eta_e / 1000 \quad (2\text{-}1)$$

$$E_{day} = P_{e,avg} \times T_{op} \quad (2\text{-}2)$$

式中，P_e為電氣輸出功率，單位為瓩；ρ為水密度，單位為公斤 / 立方公尺；g為重力加速度，單位為公尺 / 平方秒；Q_d為符合灌溉及操作限制的設計流量，單位為立方公尺 / 秒；H_n為扣除損失後的淨有效水頭，單位為公尺；η_t、η_g及η_e分別為水輪機、發電機與其他電氣設備效率，均為無因次；E_{day}為每日預估發電量，單位為度；$P_{e,avg}$為每日可運轉時段的平均電氣輸出功率，單位為瓩；T_{op}為每日可運轉總時間，單位為小時。現階段因案場實測流量、淨水頭及效率曲線尚未凍結，計算結果維持未定值，須以量測報告與供應商保證曲線代入後才能作為投標容量和設備額定值的依據。

水力輸入、機組效率與保護協調並非彼此獨立：過度放大額定容量可能讓枯水期長時間落在低效率區，也可能增加併網與施工負擔；容量過小則會犧牲可利用水力。

進水控制、水輪機、發電機、盤控及併接介面必須以實物流、電力流和訊號流一併驗證，並由工廠試驗、到場檢查、單機試運轉及併聯測試逐級放行。任何併接電壓、保護設定或責任分界都須依台電個案審查結果鎖定，且將保護、責任分界或試驗偏差回寫設備規格與採購文件，如圖 2 所示。

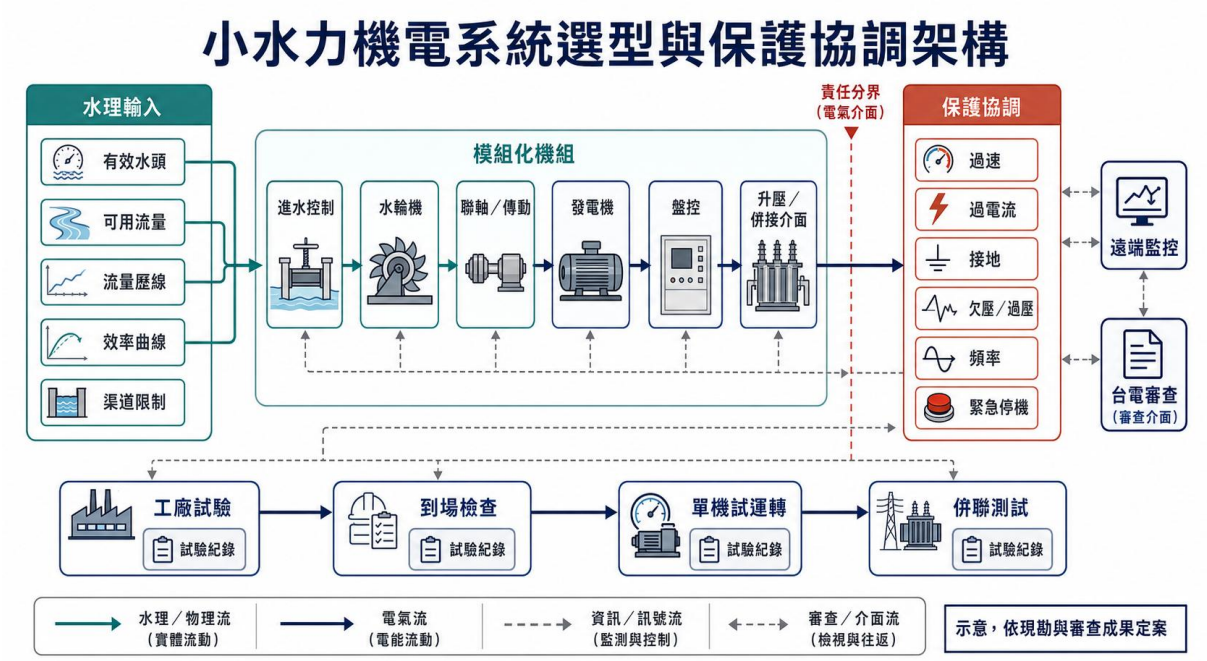


圖 2 小水力機電系統選型與保護協調架構

水輪機型式比較以流量變動範圍、有效水頭、部分負載效率、含砂與雜物敏感度、空化裕度、過速控制、維修空間及撤換路徑為核心。每一候選型式先取得供應商效率與允許操作範圍，再以相同的實測流量序列模擬年內運轉；比較時分開呈現能源產出、停機風險及維護需求，避免只以額定效率排序。通過水理條件者再進行發電機形式、台數配置與控制模式比較，決選資料納入設計審查報告。

候選設備需在相同輸入基準下比較，否則效率數字、維修週期和保護功能不具可比性。水理適配先判定能否涵蓋實際流量與水頭區間，運轉安全再檢核過速、空化及雜物影響，維護性則要求可隔離、可吊離並有合理備品策略；併網介面在饋線結果未定前只保留功能需求。評選紀錄應連同效率曲線、計算檔、風險判定與審查簽認，讓

最後型式可由證據重現，並把淘汰原因保留在決策紀錄，避免後續採購重新引入已排除風險，如表 2 所示。

表 2 小水力機組選型與放行準則

準則	核對內容	不接受情形	放行證據
水理適配	實測流量歷線、淨水頭與部分負載區間	主要時段落在不允許或低效率區	量測報告、效率曲線、模擬檔
運轉安全	空化裕度、過速、攔污、振動與溫升	無法以聯鎖或設計控制重大失效	設計計算、危害分析、試驗程序
灌溉相容	取水可隔離、尾水回渠及停機不影響供水	機組故障導致渠道供水中斷	水理圖、隔離邏輯、操作情境測試
維護性	模組撤換、吊裝空間、備品及檢修窗口	主要部件無安全拆裝或替代路徑	維修圖、吊裝計畫、備品清單
併網相容	電能品質、保護、計量與責任分界	未納入台電審查條件或無測試方法	單線圖、保護協調、審查意見
全期成本	設備、土建、停機、備品及耗材	只比較購置價而忽略運轉風險	全期成本比較與決策紀錄

機電設備規格採「功能、性能、介面、試驗、文件」五層驗收。進水及緊急關斷設備需在失電或通訊中斷時進入預定安全狀態；發電機與控制盤須具過電流、接地、過 / 欠壓、過 / 欠頻率、過速與緊急停機等必要保護功能；監控系統保留本地操作，在遠端中斷時仍能安全停機。依《再生能源發展條例》、《再生能源發電設備設置管理辦法》及《電業法》辦理設備設置與併聯相關程序，併網保護、責任分界及測試則依《台灣電力股份有限公司再生能源發電系統併聯技術要點》和台電審查意見設計。（經濟部，2025；經濟部，2026；法務部，2026；台灣電力股份有限公司，2023）

設備表不只列規格名稱，而要把功能需求連到測試方法和移交文件。水輪發電機組的性能以保證曲線與現場試驗比對，關斷與保護功能以故障注入或模擬驗證，監控與通訊則核對資料完整性、斷線告警及本地備援。凡測試未達門檻者均須形成缺失單、原因分析、修正與複驗紀錄，未關閉前不得進入下一放行階段，且以缺失關閉率和文件完整性作為移交前的共同放行條件，並把複驗結果與最終設定版本一併鎖定，如表 3 所示。

表 3 機電設備功能規格與驗收證據表

系統	主要功能與介面	驗證方式	驗收 / 移交證據
進水與關斷	流量調節、緊急關閉、失電安全狀態	行程、關閉、失電及手動操作測試	測試表、聯鎖矩陣、操作手冊
水輪發電機組	指定水理區間穩定運轉、振動溫升受控	工廠試驗、對心、通水與性能試驗	保證曲線、校正紀錄、試運報告
盤控與保護	過速、電氣故障、孤島及緊急停機保護	保護繼電器測試與故障情境模擬	設定表、測試報告、保護協調文件
計量與併接	電能計量、電能品質、責任分界	計量校驗、電能品質及併聯測試	單線圖、校驗證明、台電查驗紀錄
監控與通訊	狀態、趨勢、告警、遠端指令及本地備援	點對點、斷線、權限與事件序列測試	點表、權限表、事件紀錄、備份檔
輔助系統	排水、通風、照明、消防及接地	功能、絕緣、接地與警報測試	檢查表、量測紀錄、竣工圖

規格凍結後建立設備資料表、介面控制文件、試驗與檢驗計畫、備品清單及技術偏差表。採購文件要求供應商逐項回覆，任何偏差均須說明對水理、結構、保護、施工、維護和期程的影響；審查接受不等同免除性能責任。到場設備以銘牌、序號、材

料證明和工廠試驗報告核對採購版本，現場試運則以相同測點和校正儀器重驗關鍵性能，完成後把設定檔、程式版本、圖說、手冊及測試紀錄納入設備履歷。

規格審查另設可靠度與可維護性評估。關鍵單點包含進水關斷、控制電源、保護繼電器、通訊、排水及主要軸承，其失效後的安全狀態、偵測方式、隔離手段、備援及復原時間都須在採購前說明；無法就地更換的部件，必須在配置圖確認撤換空間和吊裝路徑。設備文件採資料需求清單追蹤，供應商提交的圖說、曲線、材料、程式、設定和手冊均需經介面審查，過期版本從現場受控文件中撤除。

性能驗證採由元件到系統的遞進方式。工廠階段先驗證製造、盤控、保護及通訊功能，到場後核對運輸損傷、序號和保存狀態，安裝後再做絕緣、接地、迴路、校正、聯鎖與旋向檢查；通水階段從低風險條件逐步增加負載，持續觀察振動、溫度、水位和尾水，最後才進行併聯及電能品質測試。量測儀器、取樣頻率、允收範圍與中止條件在試驗程序中先行核定，原始資料與報告一併移交，確保性能結論可以重算。

機電設計亦須處理全期耐久性。設備外殼、盤體、電纜、支承、塗裝和密封依潮濕、結露、淹水、泥砂及紫外線等現地條件選定，易耗件兼顧取得期與替代性；製造商建議的保養週期與本案預定運轉情境交叉檢查，轉為營運工單模板。若供應商偏差會改變水頭損失、效率、反力、熱負荷、保護或維修空間，必須回到跨專業設計再計算，不能只以採購價格接受。

2.3 引水、管路與渠道介面設計

引水與回渠設計直接接觸既有農田水利設施，其優先順序是維持灌溉能力、控制既有構造風險，再追求水力利用效率。系統採可隔離的離槽配置：水流由引水閘門進入攔污與沉砂設施，經明渠或壓力管路送至機組，尾水經消能後於下游適當位置回到原渠道。任何取排水位置、型式、施工方式及臨時導水安排，都須先形成可審查設計

書圖；若涉及既有渠道側牆，先以非破壞檢測確認現況，再由水理及結構專業計算決定結構改善、避讓或另設獨立支承。

水理設計以連續方程、能量方程與沿程及局部損失逐段核算，計算邊界同時涵蓋正常、最低可運轉、停機、緊急關斷及回水情境。設計流量不得超過現地同步量測、合法可用水量及維持灌溉所剩餘水量三者所共同允許的範圍；尾水回渠則須檢核水躍、沖刷、回水及渠道餘裕。壓力管路流速與損失以下列關係計算，並把閥件、彎頭、漸縮與出入口逐項列入局部損失。

$$Q = A \times v \tag{2-3}$$

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v \times v}{2 \times g} + K_\Sigma \times \frac{v \times v}{2 \times g} \tag{2-4}$$

$$H_n = H_g - h_f - h_{other} \tag{2-5}$$

式中，Q為流量，單位為立方公尺 / 秒；A為有效過水斷面積，單位為平方公尺；v為平均流速，單位為公尺 / 秒；h_f為管路沿程與局部水頭損失，單位為公尺；f為達西摩阻係數，無單位；L為計算管段長度，單位為公尺；D為管內徑，單位為公尺；g為重力加速度，單位為公尺 / 平方秒；K_Σ為各局部構件損失係數的合計值，無單位；H_n為淨有效水頭，單位為公尺；H_g為上下游總幾何水頭差，單位為公尺；h_{other}為攔污、進出水及其他未併入管損的水頭損失，單位為公尺。代入資料須來自核定斷面測量、同步流量水位量測與供應商設備資料；現有來源未提供可供施工計算的斷面、管徑、流量和高程，因此目前代入結果為「無法定值」，水理設計判定為未通過凍結，不能據此下料或承諾容量。

渠道、取水、管路、機組與尾水之間的介面若只在平面圖上表示，容易遺漏隔離、止水、伸縮、支承、吊裝及巡檢需求。各介面應同時對照施工進入方式、既有渠道保護範圍、CCTV 監視、排水和人員安全，並把現況檢測、計算、施工詳圖、材料證明及竣工測量連回同一介面編碼。圖中所示位置只表達功能關係，不代表已取得坐標或

尺寸；定案必須以現勘及機關審查成果更新，並讓每一介面能由現況證據一路追查至竣工和通水觀測成果，如圖 3 所示。



圖 3 離槽型引水與渠道銜接介面控制圖

水理計算書採情境矩陣管理輸入與判定。正常供水檢核取水後主渠道是否仍滿足管理單位操作需求，枯水與停水情境確認機組可停、渠道仍可控，緊急關斷檢核水位瞬變與溢流風險，尾水情境則檢核消能、沖刷和回水。每一結果都列出輸入來源、公式版本、計算人、複核人、敏感度及容許準則；未取得資料者不得以零值替代，而是保持未通過狀態並觸發補測。

計算登錄將「可計算」和「可接受」分開：取得數值後仍須與灌溉、渠道餘裕、流速、壓力及回水等容許準則比較。正常、枯水、停機和緊急關斷共用同一版現況模型，差異只在邊界條件，因而可追查不同情境的變化原因。輸入、代入結果、容許值與判定欄同時保留，技師簽證版本再與圖說編號鎖定；任何一列未通過即回到方案調整或補測，同時保留最不利情境與敏感度，供設計變更時重算影響範圍，如表 4 所示。

表 4 水理計算輸入、結果與判定矩陣

檢核情境	必要輸入與單位	代入結果	容許準則	現階段判定／完成證據
正常供水與取水	同步流量（立方公尺／秒）、上下游水位（公尺）、閘門狀態	待現勘量測，未定值	灌溉供水不受減損、渠道水位在核定範圍	未通過凍結；量測原始檔、操作紀錄、計算書
最低可運轉	枯水流量、機組最低穩定流量（立方公尺／秒）	待流量歷線與效率曲線，未定值	低於允許區間自動停機且不截斷供水	未通過凍結；效率曲線、控制邏輯測試
管路損失與壓力	管徑（公尺）、長度（公尺）、粗糙度、局部係數	待測量與選材，未定值	壓力、流速及淨水頭符合核定設計	未通過凍結；簽證計算、材料規格、壓測紀錄
緊急關斷	關閉時間（秒）、管路與水體參數	待設備選型，未定值	瞬變壓力不超過管路與閥件設計值、渠道不溢流	未通過凍結；暫態分析、聯鎖及關閉測試
尾水回渠	回渠流量、尾水位、斷面與消能構造	待斷面測量，未定值	無不容許回水、沖刷或漫溢，尾水回原渠道	未通過凍結；水理計算、竣工斷面、通水觀測

結構設計先把既有渠道與新增設施分開建模。新增管架、設備基礎及吊裝構件計入自重、操作水重、內壓推力、啟停動力、地震、風、溫度與檢修荷載；既有側牆只有在完成材料強度調查、鋼筋探測、裂縫與厚度檢測後，才能評估是否可承受新增作

用。設計原則優先採獨立基礎或不把設備反力傳入既有渠道的方案；若無法避免，計算書須由具資格專業人員簽證並附第三方或技師認可的檢測證據。

構件軸向應力與錨定組合的基本驗證關係如下；正式計算並須依實際材料、構造型式與適用設計規範增加彎矩、剪力、局部承壓、疲勞、裂縫與耐久性檢核。

$$\sigma = \frac{N_u}{A} \leq \varphi \times F_a \tag{2-6}$$

$$\frac{N_u}{\varphi \times N_n} + \frac{V_u}{\varphi \times V_n} \leq 1 \tag{2-7}$$

式中，σ為計算軸向應力，單位為百萬帕；N_u為荷載組合後設計軸力，單位為千牛頓；A為有效承載面積，單位為平方公釐；φ為設計折減係數，無單位；F_a為材料或構件容許軸向強度，單位為百萬帕；V_u為荷載組合後設計剪力，單位為千牛頓；N_n與V_n分別為錨定系統標稱拉力與剪力強度，單位為千牛頓。現階段尚無設備反力、材料強度、構件截面、錨栓型式與基礎地質資料，故兩式代入結果與容許值均不能成立，判定為未通過；取得設備資料、非破壞檢測、材料試驗與地質條件後，才以最不利荷載組合完成簽證計算及放行。

結構介面表將每個作用、輸入、計算及現場驗證連成一條證據鏈。尤其既有渠道側牆若出現裂縫、剝落或檢測結果不足，處理方向是避讓、獨立支承或經審查的結構改善，不以經驗值假定剩餘強度；管路支承與錨定則須把壓力推力、溫度位移和檢修拆裝共同納入。設計計算通過後仍需以鋼筋、錨栓、混凝土、焊接、扭矩及位置查驗證明實作品質，最後以竣工測量和試運觀測關閉介面風險，並用實作量測比對計算控制位置，避免只驗文件而未驗現場，如表 5 所示。

表 5 渠道與結構介面計算及驗證表

介面 / 作用	輸入假設與單位	代入結果與容許值	判定規則	施工 / 驗收證據
既有渠道側牆	厚度、鋼筋、材料強度、裂縫與現況荷載	尚未取得，結果及容許值未定	未檢測或容量不足即避讓、獨立支承或結構改善	非破壞檢測、技師簽證、結構改善圖
管路支承	管重、水重、內壓推力、溫度與地震作用	待設備與路線凍結	應力、位移與穩定均在核定限值內	計算書、材料證明、焊接與位置查驗
設備基礎	機組自重、運轉動力、吊裝與地質參數	待設備反力與地質資料	承載、滑動、傾覆、沉陷與振動均合格	簽證計算、混凝土試驗、沉陷與振動紀錄
錨栓與預埋	拉力、剪力、邊距、埋入深度與混凝土強度	待錨定系統選型	拉剪互制比不大於一，且符合安裝條件	產品資料、拉拔 / 扭矩、定位查驗
尾水消能與護床	流速、尾水位、沖刷與基床材料	待水理及地質調查	無不容許沖刷、掏空或回水影響	水理計算、施工照片、通水後巡查

施工詳圖應把介面控制編碼帶入平面、剖面、配筋、管路、電纜、排水、接地和臨時工程圖，並標出可施工及可檢修空間。圖說會審由水理、結構、機械、電機、儀控、職安與營運代表共同執行，衝突以問題單管理，解決後才更新基準版本。施工期間若實測條件與設計不符，先停止受影響工項、保護渠道，再由設計人員評估變更；不得由現場自行改變取排水位置、鑿除既有渠道或調整重要結構。

介面設計還需納入施工期間的臨時水理與結構狀態。施工圍隔、臨時導排、開挖支撐、材料堆置、重機及吊裝荷載都可能在永久構造完成前形成最不利條件，因此施

工階段計算須分別列出渠道維持供水方案、臨時構件荷載路徑、豪雨退出條件與緊急復原方式。臨時工程圖說和查驗點與永久工程採相同版本及簽證管理，拆除後確認渠道、護床、通道與排水恢復，不以臨時名義降低設計責任。

計算代入採機器可追蹤的輸入表。測量成果匯入水理模型前先檢查坐標、高程基準、時間同步與異常值，設備反力匯入結構模型前核對工況、方向及荷載組合，材料與地質參數則附試驗或調查依據；計算檔輸出摘要值、控制位置及敏感度，並由獨立複核者重算關鍵斷面。圖說上的管徑、坡度、標高、支承及錨定若與計算檔不一致，即由文件控制攔截，不得直接發行施工。

施工變更依現地差異大小分級。小型不影響水理、荷載或維護空間的調整，由設計人員完成影響檢查及圖面修訂；涉及取排水位置、既有渠道、管徑、支承、基礎、設備反力或施工順序者，重新辦理水理與結構計算、跨專業會審及機關審查。變更完成後，同步更新材料數量、預算、工期、查驗表、竣工圖與營運程序，確保現場實作、簽證成果及移交文件維持一致。

竣工驗證除尺寸與材料外，也觀察實際通水反應。初次通水分級提升流量，記錄上下游水位、壓力、振動、滲漏、支承位移、尾水消能和渠道外觀，與計算預測比較；偏差超出核定範圍即停止升載並分析模型、儀器或施工原因。穩定運轉後保留基準數據，成為營運期巡查與狀態維護的比較基線，並把既有渠道的敏感位置列入加密觀測。

2.4 機組裝設、檢修與團隊介面

機組裝設需在渠道操作、停水窗口、工區隔離、吊裝動線及品質放行條件均成立後執行。施工程序依序包含測量放樣、臨時導排與防護、基礎及預埋件查驗、機械模組吊裝、管路與閥件組裝、軸系校正、電纜與盤控施工、乾式檢查、通水試運轉及併

聯測試。每一階段設定停留點，未取得查驗簽認、材料證明或前置測試紀錄不得覆蓋或進入下一工序。

裝設與檢修採模組化和可撤換設計，讓主要部件能在不破壞既有渠道的情況下隔離、排水、吊離與復裝。進水關斷設施保留手動及失電安全操作，機房配置安全工作空間、永久吊點或可驗證的臨時吊裝方案，管路與電纜介面預留拆裝界面。營運維修人員在設計審查階段即檢視通道、照明、排水、鎖掛牌、備品及工具需求，以避免設備雖能安裝卻無法安全維護。

從放樣到試運的放行點需同時看到施工順序、專業角色及證據。土木與水理工作先建立穩定且不妨礙灌溉的基礎，機械與電機工作再完成安裝、校正、接線及保護測試；職安與品質人員在各停留點確認隔離、量測及紀錄完整。通水與併聯完成後，設定檔、竣工圖、校正資料及未結事項一併移交營運團隊，檢修所得故障資訊再回饋設計與備品策略，並把維修可達性和操作訓練納入完工前的實體驗證，如圖 4 所示。

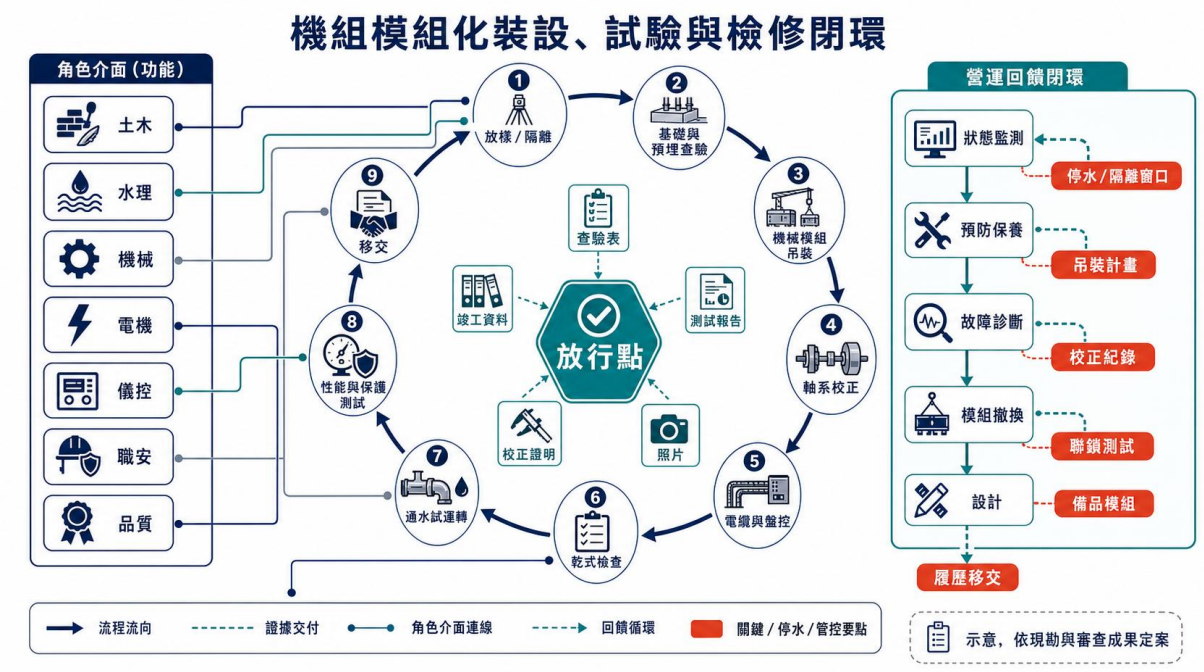


圖 4 機組模組化裝設、試驗與檢修閉環

工作團隊採職能與責任介面管理。計畫主持職能負責契約、範圍、決策與成果整合；水理、結構、機械、電機、儀控、職安、品質及施工管理職能各自對專業輸入、查驗與缺失關閉負責；供應商則提交設計資料、工廠試驗及技術支援。計畫主持及專業人員姓名、資格與實績由第壹章公司能力資料列示，本節據此界定交付責任及交叉複核機制。

查驗矩陣把工序、先決條件、主責與驗收證據放在同一控制面，能避免各專業只完成自身工作而留下介面缺口。基礎與預埋件在混凝土澆置前核對位置和尺寸，吊裝前確認設備、吊具、支承與隔離，校正及接線後以量測數據放行，最後再以聯鎖、保護、通水和併聯測試驗證整體功能。缺失單須含責任、期限、修正方法與複驗結果，並在營運移交前全數關閉或形成經核准的管理措施，同時保留見證、停工與複驗狀態，防止工序越級或證據補登，如表 6 所示。

表 6 機組裝設、團隊責任與查驗停留點

工序 / 停留點	主要先決條件	主責與交叉複核職能	放行準則	查核 / 驗收證據
放樣與工區隔離	核定圖說、渠道操作與職安計畫	施工管理；水理、職安複核	範圍、動線、隔離與保護措施正確	放樣紀錄、許可、現場照片
基礎與預埋	結構計算、材料與施工圖核定	土木 / 結構；機械複核	高程、位置、配筋、錨定及混凝土符合圖說	隱蔽查驗、試驗報告、測量紀錄
模組吊裝	吊裝計畫、吊具檢點、設備到場查驗	機械；職安、品質複核	吊點、重量控制、支承與防護均合格	吊裝檢核、設備序號、照片

工序 / 停留點	主要先決條件	主責與交叉複核職能	放行準則	查核 / 驗收證據
軸系與管路校正	基礎強度、支承與管路完成	機械；土木、品質複核	對心、水平、扭矩、間隙及洩漏測試合格	校正表、扭矩表、壓測紀錄
電氣儀控施工	單線圖、點表及保護設定核定	電機 / 儀控；機械複核	絕緣、接地、回路、方向與聯鎖正確	試驗表、校正證明、設定檔
通水與併聯試運	前段缺失關閉、操作與應變程序完成	試運統籌；全專業共同簽認	無異常洩漏、振動、溫升，保護與計量通過	試運報告、趨勢、缺失關閉表

檢修方式分為日常巡檢、計畫保養、狀態檢修及故障撤換。日常巡檢關注漏水、異音、振動、溫度、攔污與告警；計畫保養依製造商要求及運轉時數管理潤滑、緊固、校正與耗材；狀態檢修利用趨勢判讀軸承、絕緣及控制劣化；重大故障則依可隔離與模組撤換程序處理。每次維修以工單記錄故障現象、隔離措施、使用備品、量測結果、復歸試驗及剩餘風險，資料回寫設備履歷並用於調整保養週期。

專業介面以工作包和交付責任拆解。水理職能提供操作水位、流量、壓力和瞬變條件，結構職能接收設備反力與管路作用並回饋支承限制，機械職能提供吊裝、對心、潤滑及撤換需求，電機與儀控職能則鎖定電源、保護、點表、通訊和設定；施工管理把這些輸入轉成工序及查驗點，品質職能檢查版本和證據。每週介面會議只處理有責任人、截止日和影響範圍的問題單，未結問題在進入相關停留點前不得關閉為接受。

品質計畫採材料、工法、隱蔽、功能及文件五類檢驗。材料到場核對規格、批號和證明，工法先以施工計畫和首件作業驗證，隱蔽工程在覆蓋前完成測量及影像，功能測試依核定程序記錄原始值，文件則核對圖號、設定和現場狀態；不合格品隔離並

追蹤原因、處置和複驗。對既有渠道有風險的鑿除、鑽孔、吊裝、通水及緊急關斷列為必要見證點，機關或權責人員的見證狀態清楚記錄。

移交前的訓練以實際設備和核定程序進行，內容涵蓋正常啟停、灌溉限制、警報判讀、緊急停機、鎖掛牌、巡檢、清理、備品、設定備份及事件通報。受訓人員須以操作演練或情境測試證明能正確處置，教材、簽到、測驗、限制事項和補訓形成完整紀錄；未通過者不取得相應操作權限。移交清冊同時標出保固窗口、長交期部件、剩餘缺失及第一次保養時點，使營運團隊接手後不因資訊中斷增加停機風險。

檢修空間在竣工時以實際拆裝路徑驗證。主要部件的吊點、通道、門洞、支架和隔離閥逐一試作或量測，臨時吊具需有承載證明及檢點方式；若實作發現干涉，先修正設施或維修方案，再完成竣工接受。設備履歷以序號為核心連結圖說、材料、試驗、設定、保固、工單和備品，後續每次維修都能判斷是否使用正確版本與合格替代件。

2.5 施工期程、許可關卡與場址條件

建置期以合約生效為起點，先完成可控制的調查、設計與文件，再依機關、能源及台電審查結果逐步放行採購和施工。設計書圖、水理與結構計算書、土地租約及完整營運計畫須在 180 日內提報；發電籌設許可須在 365 日內取得，設備併聯發電則在籌設許可有效期間內完成。期程採 53 週規劃基線到併聯試運為止，後續 20 年營運不繪入甘特圖，而由第參章的責任、維護、KPI、風險與退場機制管理。

設計、土地、渠道、能源、併網與施工不是單一路徑，土地無法取得會改變設備位置，渠道審查意見可能改變取排水構造，併網審查則可能影響保護、計量及採購規格。因此，外部核准採關卡管理，只有廠商可控制的調查、圖說、計算和申請文件可列為交付承諾；主管機關或台電的審查結果列為相依條件，並以提前會勘、完整送件、

意見追蹤和替代方案降低延誤。180 日與 365 日期限分別設置倒排檢核點，逾期風險每日追蹤。

土地協調、渠道設計、發電申設、併網、採購施工與測試移交須用同一關卡地圖管理，才能看出哪些成果可平行、哪些必須等待核准。180 日提報是設計、土地與營運文件的整合節點，365 日籌設許可則要求申設工作不能等全部施工條件完成才啟動；灌溉不中斷、渠道安全與景觀維護在各泳道持續有效。外部審查狀態、提送版本、回覆責任與預定放行日均進入關卡紀錄，不把尚未核准事項當成完成，如圖 5 所示。

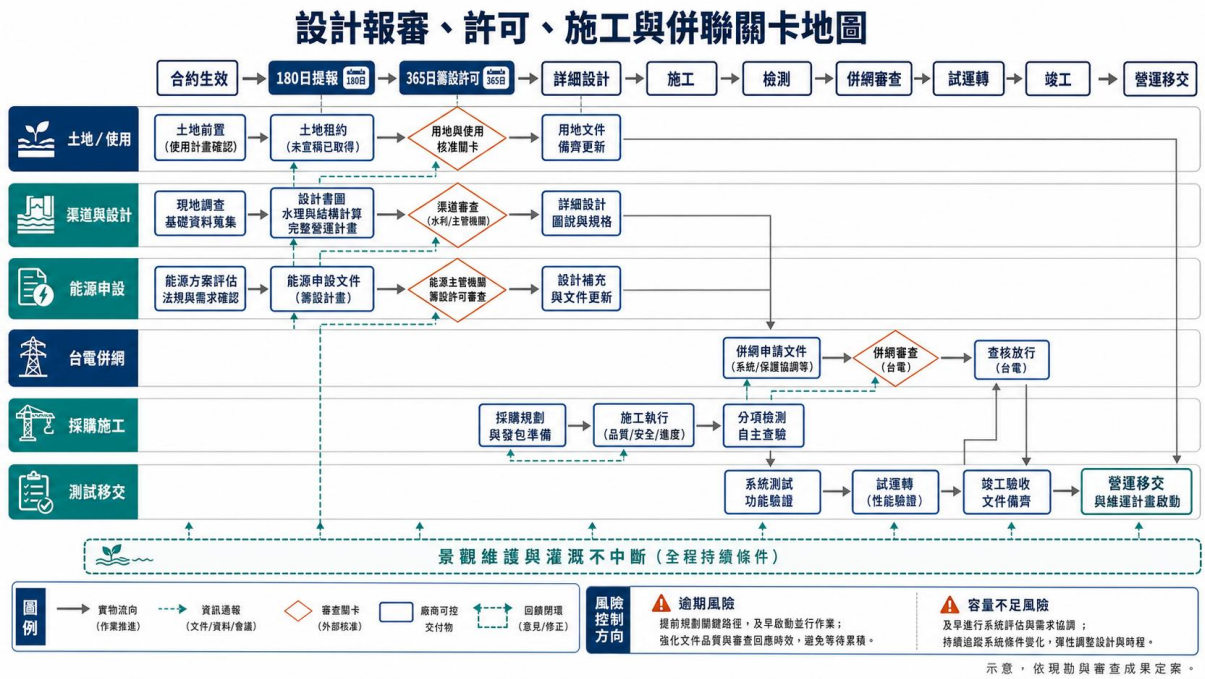


圖 5 設計報審、許可、施工與併聯關卡地圖

查核點以可驗收成果定義，而非只寫工作完成。第 4 週凍結調查範圍，應能提出測點、渠道介面、土地及施工動線清冊；第 26 週完成 180 日文件提送，須由設計書圖、簽證計算、土地文件與營運計畫共同成套；第 38 週控制籌設許可，第 53 週完成併聯試運與營運移交。每一節點均設前置條件、接受準則、責任人與證據，未通過者先調整後續採購或施工節奏，避免缺失擴散，並把未通過節點對成本、後續工序與外部申請的影響同步登錄，如表 7 所示。

表 7 施工期程、查核點與放行證據表

節點	主要工作與前置條件	接受 / 放行準則	交付與驗收證據	未通過之控制
第 4 週範圍凍結	啟動、現勘、測點與介面盤點	場址、量測、土地、通行及檢測範圍完整	啟動報告、現勘紀錄、調查計畫、風險台帳	補勘或調整候選配置，不進入不可逆設計
第 12 週調查完成	流量水位、高程斷面、渠道檢測	原始資料可追溯，重大缺口已列補測	量測檔、測量圖、檢測報告、校正證明	延後設計凍結並啟動替代路線
第 26 週期中提送	設計、簽證、土地及營運文件整編	180 日內成套提報，介面與版本一致	提送函、設計圖說、計算書、土地文件、營運計畫	日追蹤補件，凍結受影響採購
第 30 週審查修正	機關意見回覆及設計更新	意見逐條回覆並完成影響分析	意見對照表、修正版、會議紀錄	升級決策、調整工法或場址
第 38 週許可取得	籌設與併網申請持續推進	365 日內取得發電籌設許可	核准文件、條件登錄、設計影響清冊	啟動契約風險處置及替代期程
第 48 週施工完成	設備製造、現場銜接、監控保護	工程查驗合格、缺失可關閉	查驗表、材料證明、竣工圖、缺失清單	隔離缺失系統，不進入整體試運
第 53 週併聯試運	功能、保護、計量及性能測試	併聯、保護與營運移交條件均通過	試運報告、台電查驗、設定備份、移交清冊	修正複驗並保留安全停機狀態

土地及場址條件以「權利可用、施工可達、營運可維護、期滿可回復」四項準則判定。公私有土地的租賃與依法使用由得標廠商辦理，設施落點、通行、管線、維護

及吊裝所需權利須分別取得；若土地協議未成立，設計保留場址微調或管線改道的替代方案。契約終止或期滿未續約時，設備處置協商及必要拆除復原也納入設計，避免基礎、管路或電纜形成無法回復的永久障礙。

渠道設計及使用依《水利法》、《農田水利法》與《農田灌溉排水管理辦法》所涉權責辦理，發電設備設置依《再生能源發展條例》及《再生能源發電設備設置管理辦法》準備同意備案、用水或圳路使用等相應文件，併接則依《電業法》及《台灣電力股份有限公司再生能源發電系統併聯技術要點》辦理。法規版本、申請人身分、設備型別及容量在送件時逐項比對，實際書件與技術條件以主管機關及台電受理要求為準。（法務部，2023；農業部，2020；農業部，2025；經濟部，2025；經濟部，2026；法務部，2026；台灣電力股份有限公司，2023）

許可登錄不只顯示名稱與預定日，也要辨識前置資料、外部決定權、景觀及營運影響。土地與通行決定配置能否成立，渠道審查連動水理、結構及施工方式，籌設與併網條件則可能回寫設備規格；瀑布景觀以同視角基線、遮蔽及復舊成果驗證，不能只以完工照片代替操作期觀察。各項核准條件納入設計輸入與履約追蹤，變更時同步更新風險、成本和期程，且以條件履行紀錄證明核准意見已轉入設計、施工和營運控制，如表 8 所示。

表 8 土地、許可、饋線與景觀條件登錄表

條件 / 文件	主要前置資料	責任與相依關係	對設計及期程之影響	查核 / 驗收證據
土地租賃與使用	地號、權屬、設施落點、通行及維護範圍	廠商協調權利人；相依於配置方案	未取得即改址、改線或延後受影響工項	租約、同意文件、地籍套繪、條件清冊

條件 / 文件	主要前置資料	責任與相依關係	對設計及期程之影響	查核 / 驗收證據
渠道設計審查	現況檢測、水理與結構簽證、施工圖	廠商提報、機關審查	意見可能改變取排水位置、結構改善及工法	提送與核定圖說、意見對照表
發電籌設與設備程序	容量、型別、水源與圳路使用證明	廠商申請、主管機關核准	365 日期限控制，條件回寫規格	申請書、核准文件、條件履行紀錄
台電併網與饋線	容量、單線圖、保護、電能品質資料	廠商申請、台電審查	決定責任分界、設備及測試項目	會勘、審查意見、查驗與併聯紀錄
景觀與環境維護	瀑布視域、噪音、植被、施工擾動基線	設計與施工共同控制	影響遮蔽、施工時段、復舊及操作限制	定點影像、維護方案、復舊與巡查紀錄
保險與施工安全	工法、工區、第三人及營繕風險	廠商投保並維持有效	未生效不得進場，高風險工序另行管制	保單、繳費證明、工前檢核與教育紀錄
期滿處置	可拆構造、土地條件、設備殘值與回復方式	廠商與機關依契約協商	影響基礎、管路及拆裝設計	處置計畫、拆除清冊、復原查驗

履約建置第 1 至 12 週以啟動、現勘和資料可靠性為主。流量與水頭調查自第 1 週推進至第 10 週，土地協調從第 2 週開始，渠道檢測在第 3 至 12 週完成，水工與電力設計自第 7 週接續；這種重疊縮短等待時間，但第 4 週範圍凍結前不得排除尚未查明的介面。第 12 週的核心證據是可追溯量測、現況檢測、土地問題清冊與初步設計輸入，

並以第 4 週查核結果決定後續設計是否能安全並行，且同步凍結量測及介面責任，如圖 6 所示。

履約建置期程甘特圖

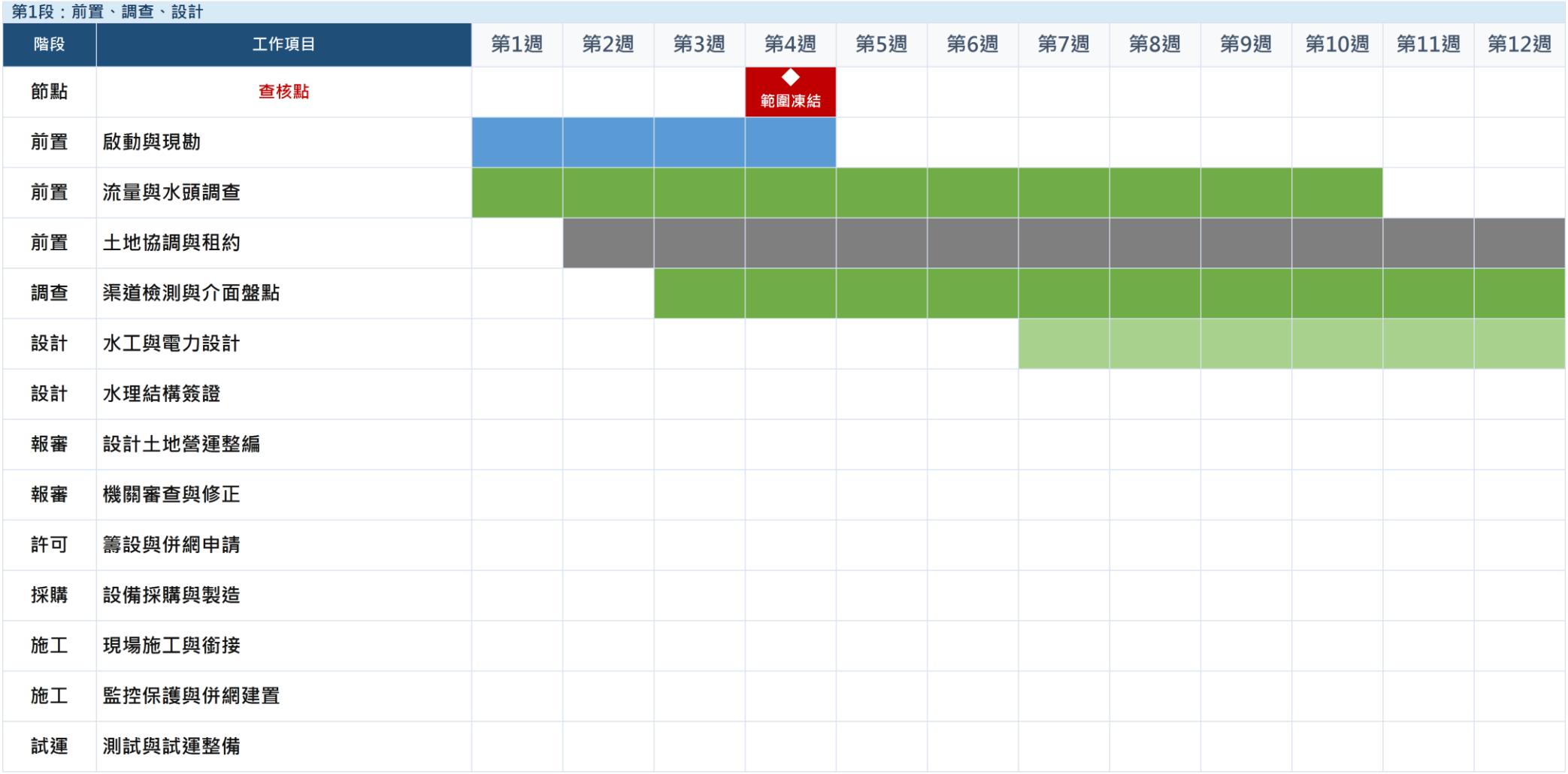


圖 6 履約建置期程甘特圖（一）：第 1 至 12 週

履約建置期程甘特圖

第2段：前置、設計、報審、許可

階段	工作項目	第13週	第14週	第15週	第16週	第17週	第18週	第19週	第20週	第21週	第22週	第23週	第24週
節點	查核點												
前置	啟動與現勘												
前置	流量與水頭調查												
前置	土地協調與租約												
調查	渠道檢測與介面盤點												
設計	水工與電力設計												
設計	水理結構簽證												
報審	設計土地營運整編												
報審	機關審查與修正												
許可	籌設與併網申請												
採購	設備採購與製造												
施工	現場施工與銜接												
施工	監控保護與併網建置												
試運	測試與試運整備												

圖 7 履約建置期程甘特圖（二）：第 13 至 24 週

履約建置期程甘特圖

第3段：報審、許可、採購

階段	工作項目	第25週	第26週	第27週	第28週	第29週	第30週	第31週	第32週	第33週	第34週	第35週	第36週
節點	查核點		◆ 期中提送										
前置	啟動與現勘												
前置	流量與水頭調查												
前置	土地協調與租約												
調查	渠道檢測與介面盤點												
設計	水工與電力設計												
設計	水理結構簽證												
報審	設計土地營運整編												
報審	機關審查與修正												
許可	籌設與併網申請												
採購	設備採購與製造												
施工	現場施工與銜接												
施工	監控保護與併網建置												
試運	測試與試運整備												

圖 8 履約建置期程甘特圖（三）：第 25 至 36 週

履約建置期程甘特圖

第4段：許可、採購、施工

階段	工作項目	第37週	第38週	第39週	第40週	第41週	第42週	第43週	第44週	第45週	第46週	第47週	第48週
節點	查核點		◆ 許可取得										
前置	啟動與現勘												
前置	流量與水頭調查												
前置	土地協調與租約												
調查	渠道檢測與介面盤點												
設計	水工與電力設計												
設計	水理結構簽證												
報審	設計土地營運整編												
報審	機關審查與修正												
許可	籌設與併網申請												
採購	設備採購與製造												
施工	現場施工與銜接												
施工	監控保護與併網建置												
試運	測試與試運整備												

圖 9 履約建置期程甘特圖（四）：第 37 至 48 週

履約建置期程甘特圖

第5段：施工、試運

階段	工作項目	第49週	第50週	第51週	第52週	第53週
節點	查核點					◆ 併聯試運
前置	啟動與現勘					
前置	流量與水頭調查					
前置	土地協調與租約					
調查	渠道檢測與介面盤點					
設計	水工與電力設計					
設計	水理結構簽證					
報審	設計土地營運整編					
報審	機關審查與修正					
許可	籌設與併網申請					
採購	設備採購與製造					
施工	現場施工與銜接					
施工	監控保護與併網建置					
試運	測試與試運整備					

圖 10 履約建置期程甘特圖（五）：第 49 至 53 週

第 13 至 24 週由調查轉入設計簽證與文件整合。水工與電力設計延續至第 18 週，水理及結構簽證在第 13 至 20 週完成，土地協調也以第 20 週為收斂目標；第 17 週開始整編設計、土地與營運成果，第 23 週同步啟動籌設及併網申請。設計資料、權利文件與申請內容在此階段必須採同一容量及配置版本，避免後續補件產生互相矛盾，同時將未結土地或簽證問題列入第 26 週提送前的關閉清單，如圖 7 所示。

第 25 至 36 週的主軸是 180 日期限與審查修正。第 26 週完成設計、土地租約及完整營運計畫的期中提送，機關審查及修正至第 30 週，籌設與併網申請持續辦理；設備採購與製造從第 31 週開始，但只針對不受未決審查條件影響且已核定的項目。第 26 週和第 30 週的交付證據分別是成套提送文件與逐條意見關閉紀錄，並以審查意見是否影響採購規格判斷可否提前製造，並追蹤外部回覆的剩餘時程餘裕，如圖 8 所示。

第 37 至 48 週跨越許可、製造與現場施工三條要徑。第 38 週設定籌設許可取得節點，設備製造延續至第 42 週，現場施工及渠道銜接自第 37 週至第 48 週，監控保護與併網建置在第 43 週接續；若外部條件延後，先調整受影響採購和工序，不以未核准施工搶回工期。施工完成時須提出隱蔽查驗、材料試驗、渠道保護、竣工測量及缺失處理紀錄，且將渠道操作窗口、材料到場與查驗資源視為現場要徑，如圖 9 所示。

第 49 至 53 週收斂監控保護、測試及併聯試運。測試依單機、子系統、保護聯鎖、通水、計量與併聯順序進行，任一缺失未關閉即保持隔離或安全停機，不跨級放行；第 53 週的併聯試運節點同時要求操作程序、備品、設定備份、竣工圖及營運責任完成移交。這一階段以測試數據和台電查驗結果證明功能，而非只以施工完成率認定履約，並把所有設定、備品與操作限制納入營運移交清冊，且確認未結缺失不影響安全營運，如圖 10 所示。

建置預算採每瓩規劃基準，使尚未凍結的投標容量仍能以同一口徑進行技術經濟比較。每瓩總計 169,050 元，其中直接薪資 8,000 元、直接執行費 140,000 元、公司管理費 13,000 元、稅費 8,050 元，分別約占 4.73%、82.82%、7.69%及 4.76%；直接執行費是最大成本驅動，須以設備、渠道介面、管路、併聯、監控、簽證、保險及試運交付逐項查驗。容量定案後，以凍結設備數量與不可線性工項重算全案基線，並以採購、施工和驗收證據控制預算，如表 9 所示。

表 9 建置預算每瓩規劃基準表

項次	工作項目	單位	數量	單價	複價
壹	直接薪資				
一	開發設計與專業整合				
1	計畫主持人（開發統籌、契約介面及成果品質控管，0.02 人月／瓩）	人月	0.02	100,000	2,000
2	協同主持人（水理、結構與渠道介面複核，0.02 人月／瓩）	人月	0.02	100,000	2,000

項次	工作項目	單位	數量	單價	複價
3	專業工作群（申設文件、機電整合及施工圖說支援，0.04 人月 / 瓩）	人月	0.04	100,000	4,000
壹小計	直接薪資小計				8,000
貳	直接執行費				
一	設備、渠道介面與併聯建置				
1	小水力機組、發電機及主控制設備（每瓩配置基準）	瓩	1	50,000	50,000
2	引水閘門、取排水及渠道銜接水工設施（每瓩配置基準）	瓩	1	30,000	30,000
3	引水管路、閥件、支撐及尾水回歸設施（每瓩配置基準）	瓩	1	18,000	18,000

項次	工作項目	單位	數量	單價	複價
4	配電、保護、計量及併聯介面設備(每瓩配置基準)	瓩	1	16,000	16,000
二	安全、監測與申設支援				
1	水位、CCTV 與遠端監控資安強化設備(每瓩配置基準)	瓩	1	5,000	5,000
2	非破壞檢測、水理及結構技術簽證支援(每瓩配置基準)	瓩	1	5,000	5,000
3	土地使用、籌設及併聯申請行政規費支援(每瓩配置基準)	瓩	1	2,000	2,000

項次	工作項目	單位	數量	單價	複價
4	施工職安、公共意外及營繕承包人責任保險配置（每廹配置基準）	廹	1	3,000	3,000
5	試運轉、測試及驗收紀錄整備（每廹配置基準）	廹	1	3,000	3,000
6	渠道施工、流量及併聯不確定性風險緩衝（每廹配置基準）	廹	1	8,000	8,000
貳小計	直接執行費小計				140,000
參	公司管理費				
一	專案行政與品質管理				

項次	工作項目	單位	數量	單價	複價
1	公司管理費（專案行政、文件版控、採購協調及品質複核，每瓩配置基準）	瓩	1	13,000	13,000
參小計	公司管理費小計				13,000
肆	稅費				
一	營業稅				
1	營業稅（稅前小計 161,000 元／瓩×5%）	瓩	1	8,050	8,050
肆小計	稅費小計				8,050
總計	全案總計				169,050

直接執行費中，小水力機組及主控制設備每瓩 50,000 元，占總基準約 29.58%，是首要成本項；渠道銜接水工設施 30,000 元、引水管路與尾水設施 18,000 元、配電保護及併聯介面 16,000 元，合計每瓩 64,000 元，約占總基準 37.86%，反映本案介面與併網風險不能只靠機組採購吸收。監控資安、技術簽證、申設、保險、試運及風險緩衝均有獨立細項，驗收時分別核對設備點表、簽證文件、申請紀錄、保單、測試報告與風險動用依據；公司管理費維持獨立最大項，不與直接執行費混併。預算基線變更須說明容量、數量、單價、複價及總計影響，並與凍結設計、採購契約及竣工數量一致。

參、營運計畫

3.1 營運組織與現場人力配置

營運期自移交後延續至 20 年使用期間屆滿，管理範圍同時涵蓋發電設備、指定渠道段、攔污清淤、監控、保護、保險、文件及機關協調。組織設計採治理、控制與現場三層：治理層決定績效、法遵、風險與重大資源；控制層負責遠端監看、工單、通報、趨勢和文件；現場層負責巡查、操作、清理、隔離和初動處置，並由機電、儀控、土木 / 水理與職安專業支援。人員姓名、資格、實績及投入配置由第壹章公司能力資料列示，營運組織再依該核定名冊設定當值、替代與專業支援關係。

日常值班採單一通報窗口及事件分級。監控告警先由控制層確認資料有效性與設備狀態，一般事件形成工單並排程，影響灌溉、渠道或人員安全者立即升級治理層、現場及管理處窗口；完成處置後，復歸條件、測試結果和剩餘風險回寫設備履歷。若通訊中斷，現場本地控制仍維持安全停機能力，值班人員依斷線程序改採現地查核。

治理、控制、現場與專業支援必須以同一事件編號交換資料，否則告警、工單、通報和改善容易分散。事件由監控中心判讀後分派現場，必要時升級機電、儀控或水理支援；復歸完成後，日誌、照片、量測、工單與改善措施回到設備履歷，治理層再用月報追蹤重複故障及資源需求。這項閉環讓渠道維護與發電績效共用同一責任和證據架構，並使重大事件能由告警一路追查到治理層的資源與改善決策，如圖 11 所示。

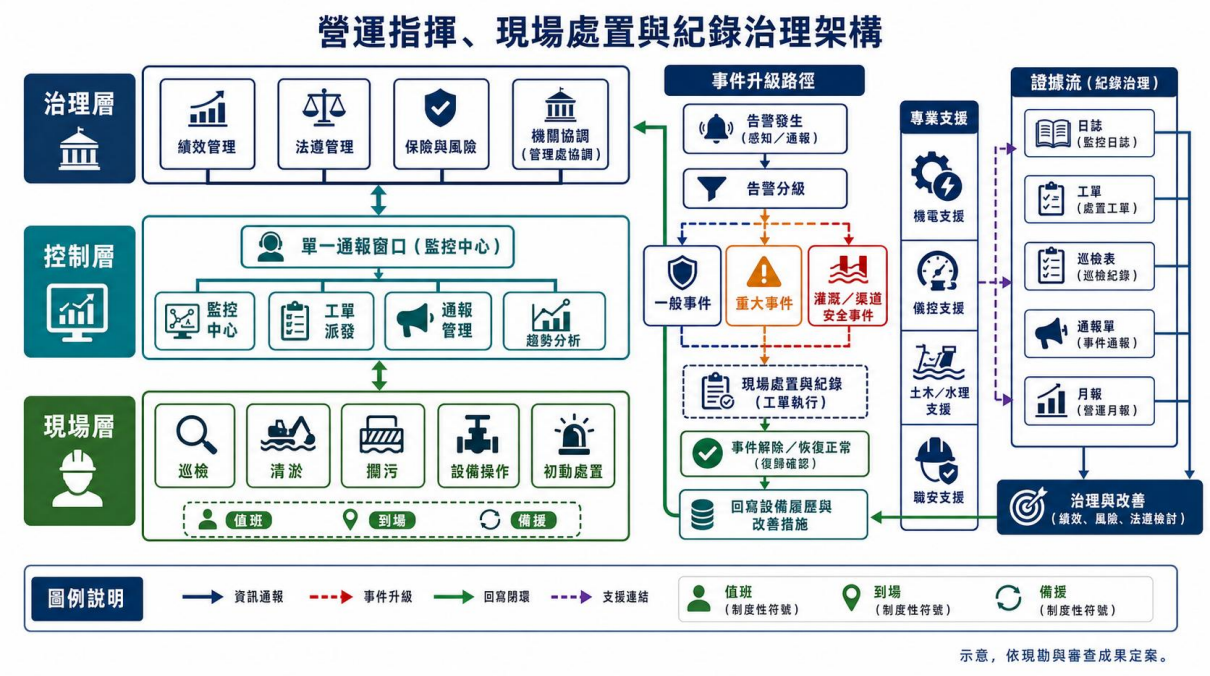


圖 11 營運指揮、現場處置與紀錄治理架構

責任矩陣依「核定、主責、協作、知會」分派工作，避免同一事件多頭指揮。灌溉或渠道安全事件由營運統籌協調管理處，現場值班負責隔離與巡查，水理 / 土木職能判讀渠道狀態；設備故障則由機電或儀控主責，品質與文件管理保留設定變更及複驗證據。重大停機、保護設定變更及復歸均需雙人或跨專業複核，實際簽署者由核定組織名冊對應。

任務責任不能只停在職稱，還須對應輸入、決策權、替代人與輸出證據。治理層核定重大風險和外部通報，控制層維持監看及派工，現場層完成安全處置，專業支援負責診斷和設計判斷；機關協調則保留時間、窗口、指示與回覆。每一責任都有可稽核的日誌、工單、簽認或報告，使休假、輪班或承攬支援不造成責任中斷，同時以替代人與升級路徑驗證夜間、休假及重大事件的持續覆蓋，並定期抽測替代指揮是否有效，如表 10 所示。

表 10 營運任務責任與升級矩陣

任務 / 事件	核定職能	主責職能	協作職能	主要證據
日常發電與水位監看	營運統籌	監控值班	現場巡查、儀控	值班日誌、趨勢、告警確認
渠道巡查、清淤與攔污	營運統籌	現場維護	水理 / 土木、職安	巡查表、清運紀錄、前後照片
機電故障與停機	營運統籌	機電維修	儀控、現場值班、供應商	工單、診斷、測試與復歸紀錄
監控或通訊異常	營運統籌	儀控維護	資訊支援、現場值班	事件紀錄、備份切換、資料補登
灌溉 / 渠道安全事件	治理層	營運統籌	現場、水理 / 土木、管理處窗口	通報單、指示紀錄、巡查與復歸簽認
防汛及重大緊急事件	治理層	緊急應變指揮	全專業、職安、外部窗口	事件時間軸、處置紀錄、檢討報告
設定與程序變更	治理層	專業權責職能	品質、營運、文件管理	變更單、測試、核准版本、訓練紀錄

人力配置按功能覆蓋與事件需求設計，而不以尚未提供的人數製造承諾。正常狀態須持續涵蓋監控值班、現場巡檢、機電儀控支援、渠道維護和管理協調；計畫停機增加專業維修及職安監督，汛期或重大事件再依應變編組加密。正常、停機、汛期、故障與災害所需功能由日常監看逐步增加到現場、專業及指揮資源，差異用來判斷配

置能否涵蓋最不利狀態。排班表須標明當值、替代、待命及通報窗口，並以能力矩陣確認每一時段都有人可執行隔離、停機、巡查及外部通報。

現場配置的充分性以「關鍵功能不中斷」驗證，而非以固定人數表示。值班交接要涵蓋未結告警、工單、渠道狀態、天候、停水通知及權限移交；待命支援要能依事件專業別接案，外部承攬者也須受相同的進場、隔離、工單和紀錄要求。月度稽核以排班、交接、到場、工單和教育訓練紀錄檢查覆蓋缺口，並據事件量調整配置，並將覆蓋缺口轉成排班、訓練或支援資源的改善工單，且把事件量與工單負荷一併分析，如表 11 所示。

表 11 營運人力功能覆蓋與查核表

狀態	必要功能覆蓋	交接與替代要求	查核方式	驗收／稽核證據
正常運轉	遠端監看、現場巡檢、渠道維護、機電儀控支援	當值與替代窗口清楚，未結事件完整交接	每班交接、月度覆蓋稽核	排班表、交接簿、值班日誌
計畫停機	隔離、專業維修、品質複驗、職安監督	停機負責人與復歸核定人分離	工前會議、許可及停留點查驗	工作許可、鎖掛牌、維修與複驗紀錄
汛期加密	水位、CCTV、攔污、渠道與物資狀態	管理處窗口與現場支援保持可聯繫	警戒前後巡查及通訊測試	巡查表、通訊紀錄、物資清單

狀態	必要功能覆蓋	交接與替代要求	查核方式	驗收 / 稽核證據
故障事件	初動停機、現場確認、專業診斷與備品調度	依影響分級升級，指定單一事件指揮	事件計時、工單及復歸檢查	告警、工單、照片、測試與事件報告
災害應變	指揮、隔離、通報、巡查及人員安全	替代指揮與撤離路徑有效	演練、抽測與事件後檢討	演練紀錄、通報單、改善追蹤

3.2 運轉、維修、監控與備援

設備運轉以灌溉及渠道安全為最高邊界，發電最佳化只能在核定水位、流量、振動、溫度、電氣品質和併網範圍內進行。正常啟動前確認渠道、攔污、閥門、排水、保護、通訊與併網狀態；運轉中持續監看水位流量、功率、振動、軸承溫度、盤體狀態及告警；停機後確認取水隔離、尾水、轉動部件與電氣安全。遠端指令受權限、雙重確認及事件記錄控制，本地緊急停機不依賴網路。

操作程序以狀態轉移管理待機、啟動、併聯、負載調整、正常停機、故障停機及維修隔離。每一轉移均有先決條件、禁止條件、聯鎖與復歸驗證，操作員不能跳過保護或以手動強制長期代替修復。設定變更透過變更單、測試、核准與版本備份管理；若現場值與監控值不一致，先以安全狀態隔離並校驗儀表，不依單一異常讀值持續運轉。

維修策略結合預防、預知、矯正及法定檢查。預防保養依製造商要求、運轉時數及環境條件安排清潔、潤滑、緊固、校正和耗材更換；預知維護以振動、溫度、絕緣、油脂或運轉趨勢辨識劣化；矯正維修則以故障代碼、根因、使用備品及複驗結果關閉。

重大拆修前完成停機、排水、電氣隔離、鎖掛牌、吊裝及復歸計畫，避免維修作業本身影響渠道。

維修分級的差異在於觸發來源、隔離深度與復歸證據。日常保養處理可逆的小項目，狀態檢修利用趨勢在功能失效前安排窗口，計畫大修需跨專業停留點，故障搶修則先確保人員、灌溉與設備安全；不論類型，都須有工單、量測與復歸測試。重複故障或安全功能失效會升級根因分析及設計變更，而不是持續以臨時修補結案，並以復歸數據判斷保養策略是否真正降低重複故障，並回寫下一周期與備品水準，如表 12 所示。

表 12 設備維修分級、觸發與復歸證據

維修層級	觸發條件	主要工作	復歸準則	紀錄與驗收證據
日常保養	巡檢、時數或清潔需求	清潔、潤滑、緊固、外觀與功能檢查	無洩漏、鬆動、異音或未結告警	工單、點檢表、前後照片
狀態檢修	趨勢偏移、劣化或重複小故障	振動、溫度、絕緣、校正與部件檢查	量測回到控制範圍、趨勢穩定	趨勢圖、診斷、校正與複測紀錄
計畫大修	製造商週期、累積時數或風險評估	解體、耗材與關鍵件更換、對心與保護測試	全項停留點通過、性能與保護合格	大修計畫、材料證明、試驗報告

維修層級	觸發條件	主要工作	復歸準則	紀錄與驗收證據
故障搶修	保護動作、功能失效或重大告警	安全停機、隔離、診斷、修復或模組撤換	根因受控、缺失關閉、復歸核准	事件時間軸、工單、備品、復歸簽認
設計改善	重複故障、安全功能或全期成本異常	變更設計、風險分析、測試與文件更新	變更核准且未引入新風險	變更單、審查、測試、訓練與新版圖說

監控系統採現地感測、可程式控制、站端人機、通訊與遠端監控分層。資料點包含水位、流量、閘門、功率、電壓、電流、頻率、振動、溫度、排水、門禁、CCTV、保護與通訊狀態；事件需有一致時戳、品質碼與來源，避免資料斷線被誤判為零值。告警依人員安全、灌溉渠道、設備保護和績效影響分級，關鍵告警須連動聲光、本地聯鎖、遠端通知及工單。

資訊與控制安全以最小權限、帳號分離、強密碼、多重驗證、遠端存取管制、設定備份、變更紀錄及事件日誌為核心。控制網與一般資訊網路區隔，外部維護連線採核准時段、指定帳號及全程記錄；程式、保護設定、點表及圖控檔建立離線備份與復原測試。通訊失效時，安全聯鎖在站端獨立運作，遠端監看失效不解除本地保護。

點表管理必須把測點、用途、門檻、動作、備援與驗收方法連結，才能辨識「看得到」與「能安全控制」的差異。水位流量信號直接支援灌溉和停機判斷，機械與電氣信號支援保護及狀態維護，CCTV 供遠端確認但不代替必要現場巡查；資料失效則由品質碼、交叉測點或現地儀表辨識。測試以模擬輸入、斷線、失電、權限和事件序列驗證，點表、設定及測試紀錄共同作為移交證據，且由斷線、失電與錯誤權限情境確認安全功能不依賴單一路徑，如表 13 所示。

表 13 監控、告警、聯鎖與資安驗證矩陣

類別	主要信號 / 功能	異常判讀與動作	備援方式	驗收證據
水理渠道	水位、流量、閘門、攔污與排水	超出核定操作帶即告警、減載或停機	現地水尺 / 儀表、CCTV、人工巡查	校正、模擬、通水與事件測試
機械狀態	轉速、振動、軸承溫度、潤滑	趨勢偏移告警，保護門檻動作停機	本地保護、攜帶式量測	點對點、保護及趨勢驗證
電氣併網	電壓、電流、頻率、功率、保護與計量	異常依保護協調解列或停機	獨立保護繼電器、本地計量	繼電器、計量、電能品質與併聯測試
監視門禁	CCTV、門禁與工區環境	影像或門禁異常告警並派工	現場巡查、事件補登	影像、權限、告警與保存測試
通訊資料	網路、時戳、資料品質、事件序列	斷線標示失效，不以零值替代	站端控制、離線記錄、復線補傳	斷線、復線、時序與完整性測試
資安控制	帳號、遠端存取、設定與備份	未授權行為阻擋並留下事件紀錄	離線備份、受控維護通道	權限清冊、日誌、復原演練與變更紀錄

備援設計依失效影響排序。緊急停機、關斷及電氣保護採本地獨立功能；監控通訊提供站端保存與復線補傳；關鍵感測點依風險採交叉量測或現地指示；排水、控制電源和必要照明納入備用電源評估；長交期關鍵件、耗材和標準件依故障率與供應期建立分級備品。備品使用後立即補庫，保存環境、序號、有效期與替代相容性均納入台帳。

營運績效不以發電量單一指標判定。可用率衡量扣除計畫停機後的設備可運轉程度，灌溉與渠道安全事件須獨立統計，維修準時率、重複故障率、告警確認、工單關閉、資料完整性、演練改善及法定文件有效性共同構成月、季及年度檢討。可用率的計算基礎如下，計畫停機、外部停水及不可歸責限制須在報表中分開標示，不可互相抵銷。

$$A_o = \frac{T_{available}}{T_{scheduled}} \times 100\% \tag{3-1}$$

$$R_{pm} = \frac{N_{on\ time}}{N_{due}} \times 100\% \tag{3-2}$$

式中，A_o為操作可用率，單位為百分比；$T_{available}$為排定可運轉期間內實際可用時數，單位為小時；$T_{scheduled}$為扣除經核定不列入的外部停水或計畫窗口後之排定時數，單位為小時；R_{pm}為預防保養準時完成率，單位為百分比；$N_{on\ time}$為期限內完成且證據齊全的保養工單數，單位為件；N_{due}為當期到期保養工單數，單位為件。實際目標值在營運基線核定時依設備保證、灌溉操作與契約要求設定，報表保留分子、分母及排除原因，避免只呈現百分比。

備援與績效表要顯示每一失效模式的安全狀態、替代手段與復原證據。關鍵保護不可依賴單一遠端系統，通訊及資料備援不能取代本地操作，備品則按安全、停機損失和供應期排序；KPI 同步追蹤安全、可用、維護、資料及改善，防止追求發電量而壓縮必要停機。月報以原始事件、工單、庫存及測試資料計算，季檢討決定保養、備品和改善資源，並防止單一發電指標掩蓋渠道、資料或維護風險，如表 14 所示。

表 14 設備備援、備品與營運 KPI 控制表

控制面	失效 / 風險	備援或控制	KPI / 判定	查核證據
關斷與保護	遠端、控制器或電源失效	本地獨立保護、手動操作、必要備用電源	安全功能測試通過率、未遂事件	定期測試、保護動作與復歸紀錄
通訊與資料	斷線、時序或資料缺漏	站端保存、品質碼、復線補傳、離線備份	資料完整性、備份復原成功率	通訊事件、補傳、備份與復原演練
關鍵感測	漂移、故障或單點失效	交叉測點、現地指示與人工確認	校正準時率、異常讀值處理時效	校正證明、比對與工單
備品供應	長交期部件故障	安全件、關鍵件、耗材分級庫存與替代驗證	缺料停機、庫存健康度	庫存台帳、領退料、相容性文件
維修績效	逾期、重複故障、暫修未關閉	風險排序、根因分析、設計改善	保養準時率、重複故障率、缺失關閉率	工單、根因分析、改善與複驗
整體營運	發電、安全與灌溉目標衝突	灌溉及渠道安全優先，績效分項揭露	可用率、渠道事件、供水影響、發電偏差	月季報、事件台帳、機關協調紀錄

年度維護計畫由設備重要度、法定或製造商要求、歷史故障和停水窗口共同形成。先把不能在線處理的工作集中於可隔離期間，再檢查人力、備品、吊裝、儀器和承攬資源是否同時可用；若多項工作共用同一隔離邊界，採整合工單避免重複停機。年度計畫每月滾動檢視，新增高風險缺失可提前處理，低風險延後則須保留風險理由和暫行監測，不用單純逾期展延掩蓋資源不足。

故障分析採事件事實、失效機理和管理原因三層。告警、趨勢、保護動作、操作指令、現場量測和拆檢結果先建立一致時間軸，再以假設驗證找出直接原因；若涉及程序、設計、訓練、備品或變更控制，改善措施不能只更換故障件。改善完成後，以相同觸發條件或等效測試驗證成效，並搜尋其他同型設備或相同介面，防止相同失效在不同位置重複發生。

監控資料治理保留原始值、工程值、品質碼、時戳和設定版本。報表計算不直接覆寫原始資料，感測器校正、斷線補傳或資料修補都以註記保留原因與期間；CCTV影像的保存、存取和匯出依權限及事件需求管理。月度趨勢分析比較功率、水位、振動、溫度、告警、停機及維修，異常關係回到工單或操作調查，而不是只以平均數遮蔽短時重大事件。

承攬維修納入同一控制體系。外部人員進場前完成資格、風險、工作許可和工具儀器檢核，現場作業受設備負責人監督，設定變更、拆裝、量測與使用材料均進入工單；作業後由本案權責職能獨立複驗，不以承攬報告直接取代接受。遠端技術支援採受控連線和全程記錄，結束後立即撤銷臨時權限並核對程式及設定雜湊，避免維修便利性形成長期資安缺口。

3.3 供水穩定與渠道安全維護

供水穩定管理以農業灌溉和渠道安全先於發電收益。機組取水必須在核定渠道操作範圍及可用餘水內進行，任何流量不足、異常水位、攔污壅塞、渠道缺失或管理處供水調整都會觸發減載或停機；離槽配置的目的，就是讓發電系統可被隔離而原渠道仍可供水。尾水持續回到下游原渠道，取水與回渠前後的水位、流量及閘門狀態共同納入控制，不能只以機組功率推定供水正常。

供水平衡以同步量測與核定操作條件驗證，發電可用流量不得侵占灌溉需求及必要安全餘裕。控制關係如下，實際門檻由核定水理計算、管理處操作規則及校正後儀表定值，並以設定變更程序管理。

$$Q_{gen} \leq Q_{in} - Q_{irrig} - Q_{safety} \tag{3-3}$$

$$Q_{return} \geq Q_{gen} - Q_{loss} \tag{3-4}$$

式中，Q_{gen}為進入發電支線的流量，單位為立方公尺 / 秒；Q_{in}為取水點上游實測來流，單位為立方公尺 / 秒；Q_{irrig}為管理處要求維持的灌溉供水流量，單位為立方公尺 / 秒；Q_{safety}為維持渠道操作及量測不確定性的安全餘裕，單位為立方公尺 / 秒；Q_{return}為尾水回原渠道的實測流量，單位為立方公尺 / 秒；Q_{loss}為經核定水理計算允許的漏損、蒸散或其他差異，單位為立方公尺 / 秒。任一測點失效或平衡超出核定差異時，不以估計值維持滿載，而是降載、停機並派員查核。

水位警戒採注意、警戒、行動三層，門檻對應核定正常操作帶、渠道安全水位、設備淹水或缺水保護及管理處通知。注意層由控制室確認趨勢及儀表品質並增加觀察；警戒層啟動減載、現場巡查和通報；行動層執行停機、關閉引水、電氣隔離及人員管制。CCTV 用於確認漂流物、漫溢、倒灌、工區及尾水狀態，但影像中斷或視線不良時立即改以現場巡查，不將無影像等同正常。

不同情境的控制重點在於先保留原渠道供水，再處理發電設備。流量下降時依核定曲線減載至停機，水位異常時交叉比對上下游測點和 CCTV，攔污壅塞則先避免水位抬升，管理處調度或年度停水則按指示退出運轉；儀表失效本身也被視為不能證明安全。上游、取水、尾水與下游資料共同形成水量關係，差異超限時不得只依單一功率或影像判定正常。每次動作保留告警、趨勢、操作、通報、現場照片與復歸簽認，作為供水影響、機組停機原因及復歸接受的共同證據，且以復歸前後流量平衡證明供水限制已解除，如表 15 所示。

表 15 供水穩定、警戒與機組操作控制矩陣

情境	監測 / 判斷	自動或人工處置	通報與現場查核	復歸 / 驗收證據
正常供水	上下游流量水位、閘門、回渠與功率在核定帶	依可用餘水調節負載	每班趨勢檢視、例行巡查	日誌、趨勢、流量平衡紀錄
來流下降	發電可用流量接近最低操作範圍	逐級減載，低於允許值即停機	通知營運統籌並確認灌溉需求	停機事件、現場水位與復歸測試
上下游水位異常	趨勢越界、差壓、影像或巡查異常	告警、減載、必要時關閉引水	現場確認攔污、閘門、回水與渠道	巡查表、處置照片、核定復歸
攔污壅塞 / 淤積	水位差、影像、流量下降或巡查發現	降載或停機，隔離後清除	職安管制、清運與渠道查核	清理量、前後影像、通水確認
管理處供水調度	正式通知或現場操作狀態改變	依指示降載、停機或保持隔離	單一窗口接收、回覆與記錄	通知、操作時間軸、恢復指示
感測或通訊失效	品質碼、交叉測點或斷線告警	採安全側降載 / 停機，本地保護有效	現場儀表與 CCTV / 人工確認	校正、通訊修復、資料補登與複驗
尾水回渠異常	回水、沖刷、漫溢或流量差異超限	停止引水並隔離機組	水理 / 土木專業查核	缺失修復、斷面 / 影像與通水觀測

渠道維護範圍涵蓋指定渠道段、取排水介面、攔污沉砂、周邊排水、巡檢通道及安全設施。頻率採「連續監測、每班檢視、每週現場、每月專業、季節與事件加密」五層：SCADA 與 CCTV 持續監看，值班每班檢視趨勢，現場每週巡查渠道、攔污和設

備外觀，每月由機電及水理 / 土木職能進行專業檢視；汛期前後、豪雨、地震、停水復水、異常水位或工程作業後立即加密。實際工作量依淤積、漂流物、植生及缺失趨勢調整，但每次調整均留有風險理由。

清淤及雜物清除先隔離水流與能量、確認人員進出及吊運方式，再分類、秤量或估量、清運及記錄去向；不得把清除物回置渠道或阻礙通行。裂縫、剝落、滲漏、沖刷、沉陷與護欄缺失使用固定位置編碼和同視角照片追蹤，達到專業判讀門檻即升級水理 / 結構評估。年度檢查把量測斷面、缺失趨勢、清淤量及維修結果與基線比較，決定是否調整操作或改善工程。

頻率表將例行週期與事件觸發分開，避免只靠固定日曆而漏掉豪雨、停復水或施工後的高風險時點。連續與每班檢視可快速辨識水位、影像和告警異常，每週現場巡查確認遠端系統看不到的裂縫、淤積和通道，每月專業檢視及年度量測則追蹤結構與水理趨勢。所有缺失以位置、分級、責任、期限、處置及複驗關閉，清理與修繕資料同時支援機關考核和全期預防維護，並依缺失趨勢調整頻率，形成可稽核的風險基礎維護，如表 16 所示。

表 16 渠道巡查、清理與安全維護頻率表

項目	基準頻率	事件加密條件	作業重點	紀錄與查核證據
水位流量與 CCTV	連續監測、每班檢視	告警、通訊異常、豪雨及供水調度	趨勢、影像、品質碼與上下游一致性	趨勢、值班日誌、告警處理
渠道與取排水外觀	每週現場巡查	豪雨、地震、停復水、施工或異常水位後	裂縫、滲漏、剝落、沖刷、漫溢與異物	定位巡查表、同視角照片、缺失單

項目	基準頻率	事件加密條件	作業重點	紀錄與查核證據
攔污、沉砂與清淤	每週檢視、依差壓 / 淤積觸發清理	漂流物增加、流量下降或水位差異	安全隔離、清除、分類與合法清運	清理量、前後照片、清運紀錄
機電與閘門功能	每月專業檢視並依時數保養	異音、洩漏、動作遲滯或告警	潤滑、行程、止水、手動及失電操作	工單、量測、功能與復歸測試
結構與護床	每月趨勢檢視、年度專項檢查	裂縫擴大、沉陷、沖刷或異常振動	固定點量測、專業判讀及改善	量測報告、檢測、簽證與複驗
通道、護欄與環境	每週巡查	強風豪雨、外力或工程作業後	通行、照明、防墜、排水、植生與廢棄物	巡查表、修繕工單、照片

依《農田水利法》與《農田灌溉排水管理辦法》所涉農田水利設施管理及灌溉操作要求，營運程序保留管理處指示的優先性，並把通知、操作及回覆納入履歷。（農業部，2020；農業部，2025）

月報分別揭露發電停機、灌溉供水影響、渠道缺失、清淤量及重複異常；重大趨勢在季檢討中形成改善案，必要時停止受影響設備，直至計算、修復及通水查驗證明安全。

水位與流量門檻的定值程序先以核定水理模型提出候選值，再以初次通水和不同操作情境驗證儀表反應、控制延遲及渠道餘裕。設定表須同時列出注意、警戒、行動值、回復差、延遲時間、對應動作及禁止旁路條件，並由水理、儀控、營運和管理處介面共同納入核定基線；後續變更必須重做情境測試和操作訓練。這使門檻既有工程依據，也不因單點雜訊造成頻繁啟停。

供水事件分析把「渠道來水不足」「管理處調度」「發電取水」「量測異常」分開歸因。值班人員以同時段上游、取水、尾水及下游資料重建平衡，搭配閘門、功率和 CCTV 辨識差異；若資料不足，事件保持開放並用現場量測結構改善，而不以平均值關閉。月度報表列出供水影響期間、機組動作、管理處指示和改善結果，使發電績效不會掩蓋灌溉或渠道風險。

景觀維護與渠道安全共用定點巡查。瀑布視域、植生遮蔽、施工或維修痕跡、噪音與尾水狀態使用一致位置和視角記錄，操作方式若造成可辨識景觀變化，先調整取水或設施遮蔽，再評估工程改善；修繕或清淤完成後比較前後影像及現場狀態。此類紀錄與水位流量資料對時，可辨識景觀變化是否源自天然來水、灌溉調度或發電操作。

維護成效以缺失關閉品質評估。缺失分級不只看外觀大小，也考慮擴展速度、供水影響、人員暴露和與設備振動的關聯；臨時控制需有適用期限及加密監測，永久修復則附設計、材料、施工和複驗證據。年度管理審查把重複位置、清淤量、沖刷、裂縫和停機資料疊合，必要時調整巡查頻率、操作帶或改善預算，形成渠道全期維護基線。

3.4 防汛與緊急應變

外部協作採「先通報事實、再更新判斷」原則。首次通報至少提供事件時間、位置、人員安全、渠道與設備狀態、已執行隔離及所需支援，不以尚未證實的原因影響管理處、台電或緊急單位決策；後續更新使用同一事件編號與固定窗口。所有外部指示由接收人覆誦並登錄，若指示與現場安全條件衝突，先維持安全狀態並立即回報限制。

應變資源的有效性以抽測與實作證明。備用照明、通訊、抽排、封控、個人防護、急救及清障工具除檢查數量外，還要測試可啟用、可到達及適合現場介面；鑰匙、圖

說、離線聯絡資料和必要設定備份存放於不受單一淹水或停電影響的位置。每次抽測記錄結果、缺口、替代措施及複驗，汛期前將未關閉缺口升級至治理層處理。 應變值勤另設最低資訊集，任何接手人員都能由事件編號、最新水位、設備隔離、人員位置、外部指示與下一決策時點重建現況；缺少其中一項時，先維持安全停機與現場封控，再補齊資料，不以推測解除警戒。 應變資訊先建立共同狀況圖，內容包含人員位置、渠道與設備狀態、氣象及外部通知、已執行隔離、可用通道和下一決策時點。指揮者依固定節奏更新，任何專業判斷都標明資料來源與有效時間；通訊不穩時使用預定替代管道和簡短回報格式，避免多個群組傳遞不同版本。交班或指揮轉移必須逐項移交未結風險、禁止動作和外部承諾，並在事件時間軸留下核對紀錄。

營運持續性以「安全停機仍可維持渠道管理」為基礎。若機房、通訊或電源暫時不可用，進水保持可關閉、站端保護保持有效、管理處聯繫和現場水位觀測仍有替代方式；若人員無法安全到場，不派員冒險處置，而以隔離、封控與外部支援維持安全狀態。復原優先順序為渠道及排水、保護與控制、必要監測、機電功能、併聯及正常發電，不能倒序搶復。 防汛與緊急應變涵蓋颱風豪雨、上游來水突增、渠道漫溢或破損、攔污壅塞、尾水回堵、設備失控、電氣事故、火災、通訊中斷及人員事件。應變原則依序為人員安全、灌溉與渠道安全、設備隔離、環境控制及發電恢復；任何情境都不得為維持發電而延後停機或現場撤離。颱風或豪雨警戒期間保持管理處聯繫，提前檢點閘門、排水、備用電源、照明、通訊、防災物資及巡查動線。

應變採監測、判斷、處置、通報、復歸及改善閉環。注意、警戒、行動級別由核定水位流量、氣象警報、渠道狀態、CCTV、攔污差異及設備保護共同觸發；自動聯鎖負責快速進入安全狀態，人工指揮處理現場隔離、通報和資源。事件結束不直接復機，必須由渠道、水理、機電、儀控及職安逐項查驗，完成原因分析後才關閉，並保

留自動聯鎖、人工指令及外部通報的完整事件時序，且讓事後分析能重建每次決策，如圖 12 所示。

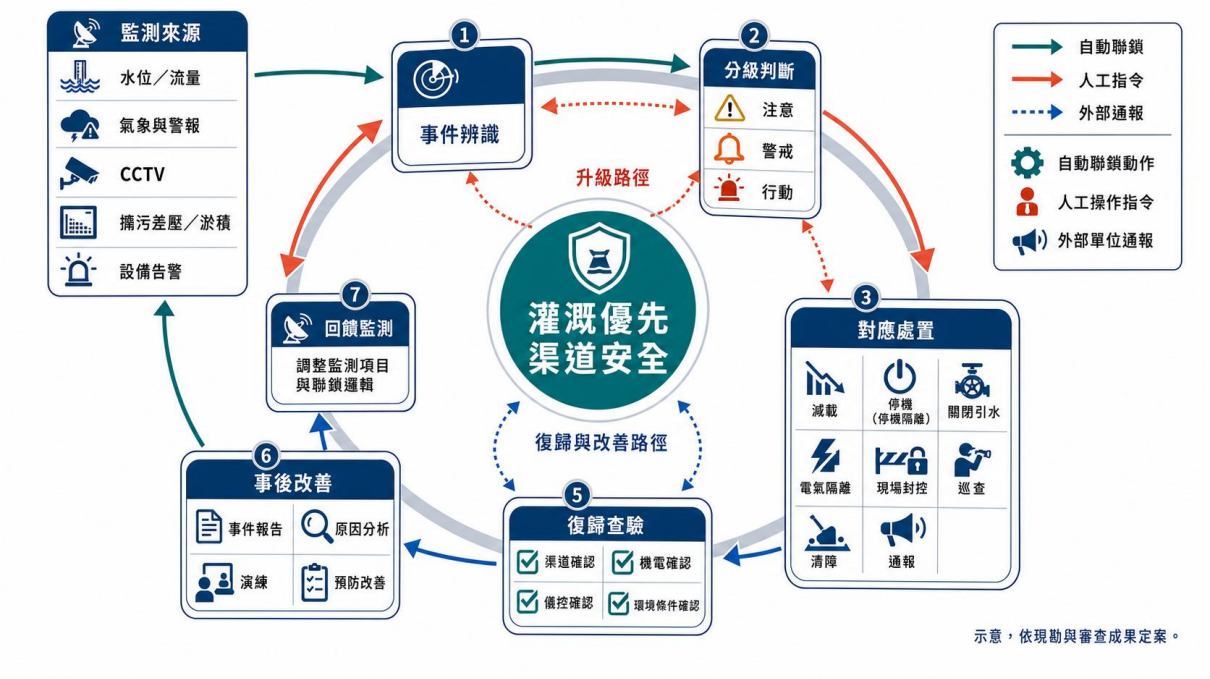


圖 12 灌溉優先與防汛應變閉環

事件指揮使用單一事件編號及時間軸。監控值班確認告警後立即記錄時間、測點、設備狀態及天候，依分級通知現場和營運統籌；達行動級時，執行降載或停機、關閉引水、電氣隔離、工區封控與人員撤離。管理處、台電、消防或其他外部單位依事件性質通報，所有指示、回覆及現場變化持續回填，不以口頭處置取代紀錄。

緊急矩陣將觸發、初動、外部協調和復歸條件並列，可避免同一告警被不同人員作不同處置。豪雨與渠道異常先保全供水和結構，電氣或機械事件先由保護動作隔離，通訊中斷則切回本地安全控制；初動後再由相應專業確認範圍。只有人員、渠道、機電、儀控和外部限制均解除，並完成複驗與核定，才允許復歸，同時檢查通報對象、替代聯絡與禁止復歸條件是否一致，並保留現場不能安全進入時的替代措施，如表 17 所示。

表 17 防汛及重大事件初動與通報矩陣

情境	主要觸發	立即處置	通報 / 協作	復歸必要條件
颱風豪雨 / 來水突增	氣象警報、水位趨勢、管理處通知	提前降載或停機、關閉引水、物資與人員撤離	管理處、營運指揮、現場與水理支援	警戒解除、渠道巡查、排水及儀表正常
渠道漫溢、裂損或沖刷	水位、CCTV、巡查或流量差異	停機隔離、封控危險區、保護供水	管理處、水理 / 土木、必要外部支援	結構評估、修復、通水觀測與核准
攔污壅塞 / 尾水回堵	水位差、流量下降、影像或告警	降載停機、隔離後清障	現場、職安、水理 / 土木	清除完成、回渠暢通、前後水位正常
機械失控或重大振動	過速、振動、溫度、異音或保護動作	緊急停機、關斷、禁止接近轉動部件	機電、儀控、供應商支援	根因確認、修復、空轉 / 通水複驗
電氣故障或火災	保護動作、煙霧、異味、火警	解列、斷電、撤離，僅合格人員處置	台電、消防、機電與職安	火源排除、絕緣保護及消防系統複驗
通訊與監控中斷	斷線、時序或資料品質異常	站端控制、安全側運轉或停機、現場查核	儀控、資訊支援、現場值班	通訊復原、資料完整、設定與告警測試
人員傷害	求救、門禁、現場回報	停止作業、急救、隔離能量與通道	緊急救護、職安與事件指揮	人員安全、現場調查、改善措施完成

復歸採雙重放行：先由事件專業確認原因與修復，再由營運指揮確認灌溉、渠道、外部指示及程序均允許。第一次啟動採限制負載和加密監看，穩定後才逐步回到正常操作；事件報告需在時間軸中區分自動保護、人工指令及外部通知，並提出直接原因、

根本原因、有效控制與未遂風險。設定、備品、程序或設計的改善若影響安全功能，須完成變更審查及回歸測試。

演練以桌上推演、通訊抽測、單項功能測試與跨專業實作分層進行。汛期前至少完成防汛準備檢核及通報鏈測試，年度計畫涵蓋停機隔離、通訊中斷、渠道異常與人員事件；不宜實際動作的保護或閘門，以模擬輸入驗證但保留測試限制。演練發現的聯絡、物資、權限、程序或設備缺口形成改善工單，指定責任、期限和複驗方式。

復歸與演練的核心不是完成表單，而是證明安全狀態、指揮鏈和改善閉環有效。事件復歸先確認渠道和灌溉，再確認機電儀控與資料完整，最後取得營運核定；演練則以通報到達、角色行動、聯鎖結果、撤離及證據品質逐項評分。改善未複驗前保持開放，重複缺失升級治理層並檢討資源或設計，年度趨勢納入營運考核，並以重複缺失和改善逾期情形決定下一次演練的加強項目，且追蹤改善完成後是否再次失效，如表 18 所示。

表 18 事件復歸、演練與持續改善查核表

階段	核對事項	放行 / 評量準則	主責職能	證據與追蹤
安全隔離	人員、機械、電氣、水流及危險區	能量隔離與人員清點完成	現場指揮、職安	鎖掛牌、清點、現場照片
渠道查驗	裂損、沖刷、淤積、回水、供水與景觀	無不容許缺失，供水條件已恢復	水理 / 土木、管理處窗口	巡查、量測、修復與通水紀錄
設備複驗	機電、儀控、保護、通訊與備援	修復、校正、保護及功能測試通過	機電 / 儀控、品質	工單、測試、設定與校正證明

階段	核對事項	放行 / 評量準則	主責職能	證據與追蹤
限制復歸	低負載、加密監看與異常退出條件	趨勢穩定且無新增告警	營運指揮、監控值班	復歸簽認、趨勢與值班日誌
演練執行	通報、角色、停機、撤離、物資與紀錄	指令清楚、行動正確、證據完整	應變指揮、全編組	演練腳本、時間軸、影像與評分
改善關閉	根因、程序、設備、訓練及設計變更	責任、期限、複驗完成且有效	治理層、品質與權責專業	改善工單、複驗、版本與年度趨勢

防汛物資依抽排、照明、通訊、封控、個人防護、清障及急救功能分級管理，定期檢點數量、狀態、電量與有效期；物資位置避開可能淹水或無法進入區域。事件和演練資料納入月報及年度管理審查，若發現水位門檻、通報鏈或撤離路徑不適用，依變更程序更新圖控、SOP、訓練和現場標示，使下一次應變使用一致版本。

肆、廠商投標值

4.1 容量與每日發電量估算基礎

投標設備裝置容量與每日預估發電量必須由同一組案場資料及設備性能推導。計算先使用取水候選位置的同步流量、水位與高程量測建立淨有效水頭，再扣除灌溉需求、安全餘裕、管路損失、停水與維護時間，依候選機組效率曲線逐時模擬；額定容量由可長期利用的水力區間、部分負載效率、台數配置與併網條件共同決定，不以歷史下游測點或未核准饋線容量直接代入。容量與日發電量均依來源要求填至小數點後二位，但在量測和設計尚未成立前不補造承諾數字。

容量形成鏈把工程輸入、運轉限制、效率與財務結果放在同一脈絡。枯水、停機、效率偏差及併網限制都會回饋容量選擇，過度放大容量可能增加低效率運轉及未達投標值風險；較保守容量則需檢視可利用水力損失。裝置容量、每日預估發電量、售電收入與回饋金因此共用一份版本化假設清冊，承諾欄只有在量測、機組曲線與審查條件具備後才鎖定，且讓每項敏感度能回到容量選擇、成本和回饋承受度共同評估，如圖 13 所示。

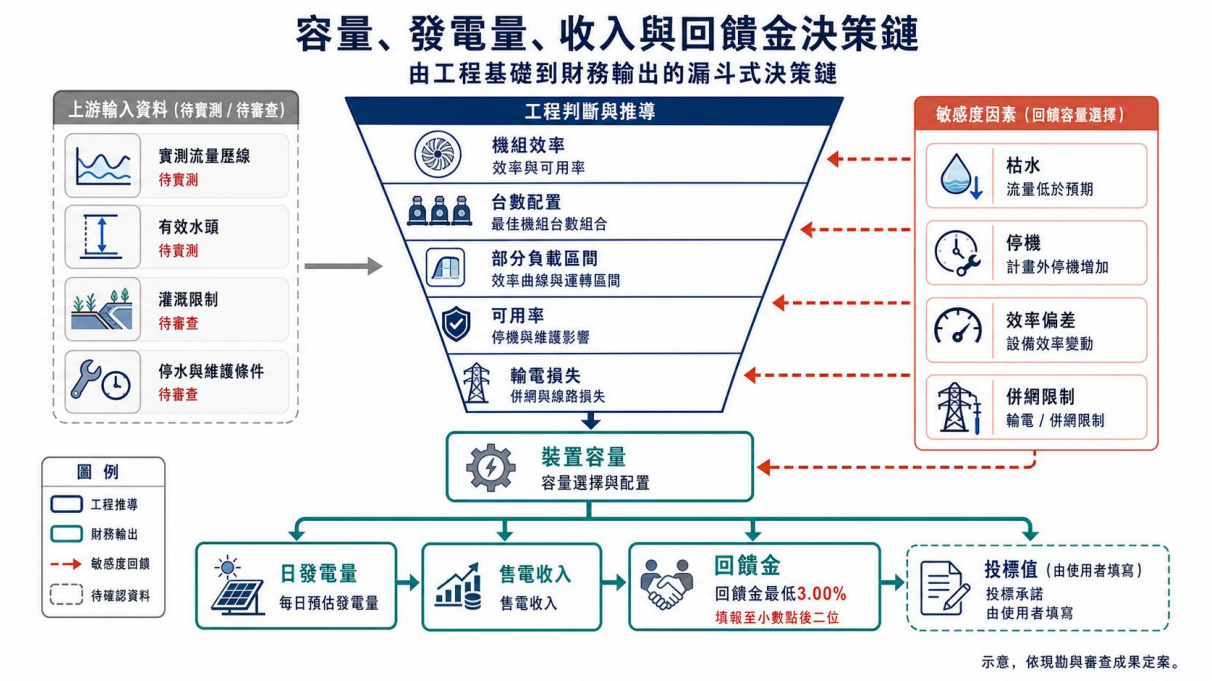


圖 13 容量、發電量、收入與回饋金決策鏈

估算採逐時或更細時段計算，第 2.2 節的功率與日發電量公式為共同計算核心。輸入流量若低於機組允許操作區間，該時段功率設為停機而不是外插效率；灌溉調度、計畫維修、外部停水及併網限制分開標示，以便檢視可歸責與不可歸責風險。代表日分為枯水、一般及高流量情境，年度資料則保留年份和量測位置差異，不把不同時點且測點不同的資料直接平均。

容量與發電量登錄表的重點是證明數字如何形成，而不是把輸出孤立呈現。每個輸入都有單位、資料來源、品質門檻和敏感度，機組曲線及可用率則需供應商保證與營運假設支持；輸出經水理、機電、併網及商務交叉複核後，才以小數點後二位鎖定。審查時可由任一輸出反查原始量測、計算版本、排除時段與核定條件，並以低情境檢視容量不足違約風險，並把排除時段與資料品質對輸出的影響量化保留，如表 19 所示。

表 19 投標容量與每日發電量估算及複核表

計算層級	主要輸入 / 單位	處理方法	輸出與填報規則	複核 / 證據
水力基線	同步流量（立方公尺 / 秒）、上下游高程水位（公尺）	品質檢核、情境分群、扣除灌溉與安全餘裕	設計流量與淨有效水頭	原始檔、校正、測量與簽證水理計算
系統損失	管路、閥件、攔污及回渠損失（公尺）	逐段沿程及局部損失計算	各流量時段可用水頭	核定圖說、計算書、設備資料
機組性能	效率曲線、最低穩定流量、台數與額定功率	逐時效率內插，不在允許區間外推	候選裝置容量（瓩）	保證曲線、選型紀錄、性能試驗計畫
可運轉時間	停水、維護、故障、灌溉調度及併網限制（小時）	分類扣除並保留原因	各情境每日運轉時數	操作資料、維修基線、限制清冊
每日發電量	各時段功率（瓩）與時間（小時）	依第 2.2 節公式逐時加總	每日預估發電量（度），填至小數點後二位	計算檔、敏感度、跨專業複核
投標鎖定	水理、機電、土地、許可及饋線條件	低、中、高情境及容量不足風險比較	投標容量填至小數點後二位	凍結紀錄、版本簽認、風險接受紀錄

投標值鎖定採雙軌檢查：技術軌確認容量在實測水力、灌溉、渠道、設備及併網限制內可實現，商務軌確認售電收入、回饋金與建置營運成本具有承受力。若低情境顯示容量無法穩定達成，優先調整容量或台數配置，不以提高利用率假設掩蓋資料不

足；若併網條件縮限容量，則同步更新設備、施工、預算及投標值，確保投資計畫書、標單和後續履約基線使用相同數字。

4.2 投標值計算與決策意義

投標值決策另設壓力測試與授權邊界。容量情境分別套用可用水力、設備效率、併網限制及完成時程，回饋率情境則反映售電收入變化；建置成本、計畫與非計畫維修、保險、渠道維護、重大故障和期滿回復等支出分項呈現，不用單一平均值隱藏資金尖峰。決策會議同時檢視最低現金餘裕、履約風險和可調整措施，只有在低情境仍維持必要維護和安全資源時才進入投標授權。

售電回饋金結算建立期間、電表、售電收入、調整項、百分比與付款紀錄的一致鏈結。每期先核對台電或售電交易資料與計量期間，再套用承諾回饋率，差異項以可追溯單據處理；結算完成後將金額、計算檔及付款證明鎖定保存。若計量更換、資料補算或契約調整影響售電收入，保留前後版本與原因，使回饋義務可由原始資料重現。投標值由投標設備裝置容量與售電回饋金百分比相乘，兩者都是履約及評選的重要承諾。回饋金百分比不得低於 3.00%，並填至小數點後二位；售電回饋金百分比以投標承諾欄為唯一值源，並與標單及計算表交叉核對。裝置容量與每日預估發電量使用第 4.1 節凍結成果，回饋金則以售電收入、建置與 20 年營運維護風險、可用率及期滿處置成本進行承受度分析，不以最低門檻自動等同實際投標值。

投標值及每期售電回饋金的計算關係如下。百分比在投標值公式中依來源填報數字直接相乘，在金額計算時則除以一百轉為比例；計算表需明確標示使用口徑，避免百分比和小數比例混用。

$$V_{bid} = P_{bid} \times r_{bid} \quad (4\text{-}1)$$

$$R_m = S_m \times \frac{r_{bid}}{100} \quad (4\text{-}2)$$

式中，V_{bid}為評選使用的投標值，單位為瓩百分點；P_{bid}為投標設備裝置容量，單位為瓩，填至小數點後二位；r_{bid}為售電回饋金百分比的填報數字，單位為百分比，填至小數點後二位且不得低於 3.00；R_m為第m期應計售電回饋金，單位為元；S_m為第m期經核對的售電收入，單位為元；m為結算期序號，無單位。投標值計算結果依招標填報口徑保留所需小數位，售電回饋金則以經核對的售電收入及投標承諾百分比計算。

商務評估把投標容量、日發電量、回饋百分比、收入情境與風險放在同一版本。基準情境使用可追溯的量測與設備曲線，低情境分別施加枯水、停水、效率降低、延後併聯及維修停機，不將各風險同時抵銷；高情境只作上行分析，不用來支撐最低承受力。回饋金依實際售電收入連動，因此收入下降時金額下降，但容量不足、逾期、維護和回復義務仍可能產生成本，必須與回饋率一起評估。

計算審查表需防止三類錯誤：容量與標單版本不一致、百分比低於門檻或小數位錯誤，以及售電收入與回饋金的百分比口徑混用。技術、商務與投標文件管理分別核對水理機電成果、承受度和表單一致性，最後由授權程序鎖定容量與回饋率；任何變更都要重算投標值及財務情境。核對證據包含凍結表、試算檔、版本雜湊或簽認、標單比對與錯誤檢核清單，且由獨立重算與版本比對阻斷公式、單位及小數位錯誤，如表 20 所示。

表 20 投標值計算、風險與文件一致性審查表

審查項目	計算 / 控制內容	風險判讀	接受準則	查核證據
投標裝置容量	使用第 4.1 節凍結容量，填至小數點後二位	量測、設備或饋線不足導致容量落差	技術成果、投資計畫書與標單一致	容量凍結表、計算檔、標單比對
每日預估發電量	逐時功率加總並揭露停水維修假設	枯水、效率或可用率偏差	低情境仍在授權風險範圍	流量歷線、效率曲線、敏感度
回饋金百分比	不低於 3.00%，填至小數點後二位	回饋率過高壓縮維護與風險承受力	通過授權且各文件數值一致	財務承諾欄、標單、版本簽認
投標值	容量乘回饋金百分比填報數字	百分比與比例口徑或小數位錯誤	公式、單位、小數位及重算一致	受保護試算、獨立重算、檢核清單
每期回饋金	經核對售電收入乘回饋率除以一百	計量、收入期間或調整項差異	結算資料可追溯且雙方核對	電表、售電收入、結算與支付紀錄
全期承受度	建置、維護、保險、停機、違約與退場成本	單一樂觀情境掩蓋下行風險	低、中、高情境及風險邊界清楚	全期現金流、風險台帳、授權紀錄

文件一致性管制涵蓋投資計畫書、標單、容量計算檔、財務試算及後續契約基線。投標封裝前只做跨文件數值和小數位機械核對，不把資格、切結、授權或押標金文件納入本書；這些文件依投標封裝規定獨立提交。履約後若實際併聯容量低於投標承諾或文件未依限送審，契約風險與成本由風險台帳追蹤，技術變更不得未經授權自行降低承諾。

4.3 售電回饋金百分比

承諾回饋金百分比（售電收入百分比）：＿＿＿＿％（不得低於招標最低門檻3.00％）。

伍、結論

5.1 綜合結論

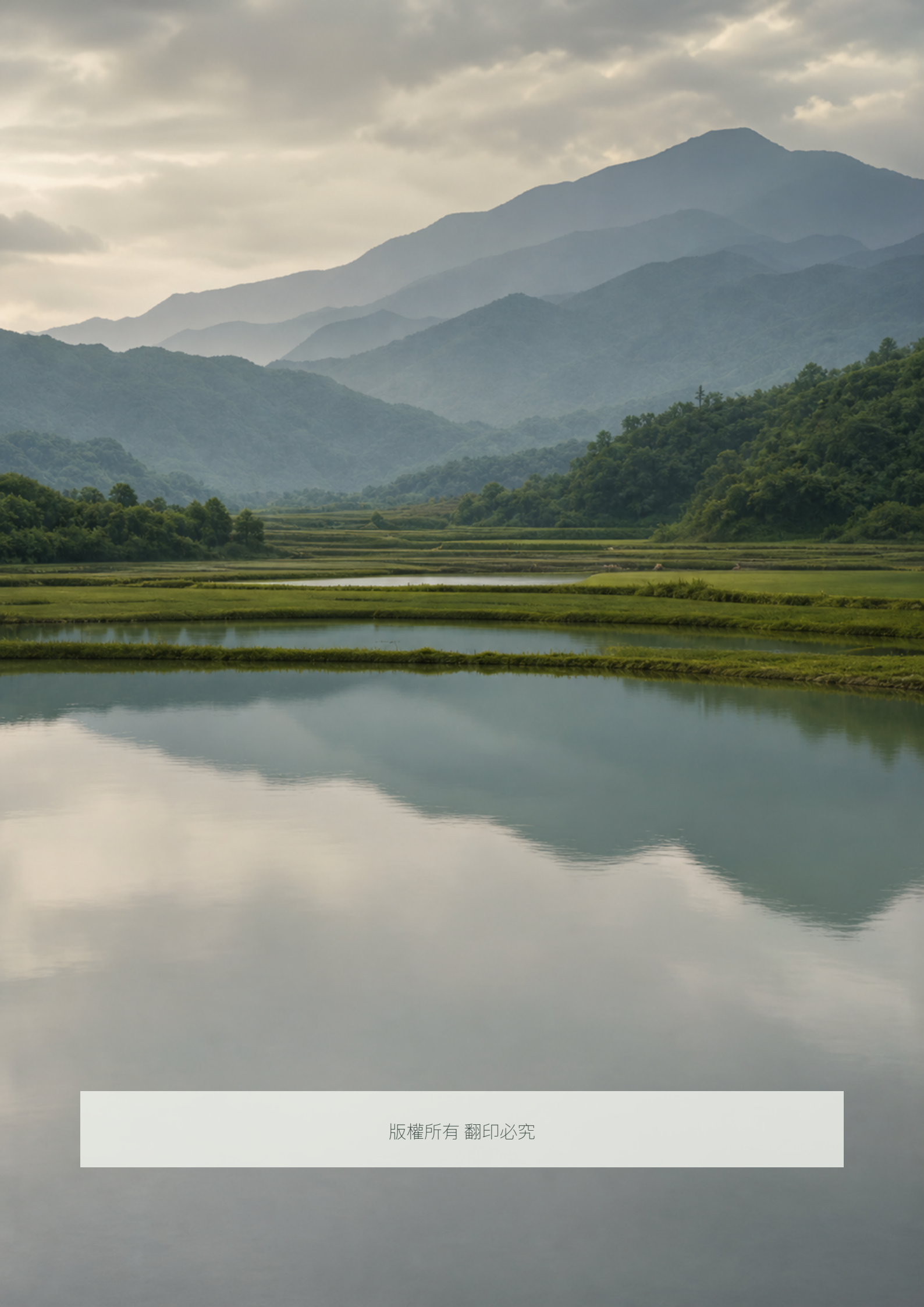
本投資計畫以灌溉供水、渠道安全及瀑布景觀為不可退讓的設計邊界，採離槽引水、可隔離機組與尾水回原渠道的開發邏輯。裝置容量不由歷史下游測點或未核准條件倒推，而由同步流量水位量測、高程斷面、既有構造檢測、土地與饋線資料共同形成；水理、結構、機電及併網計算在輸入不足時保持未放行，取得證據後才凍結設計、採購與投標值。這套方法使容量、每日發電量、設備規格、工程成本及回饋承受度使用同一版本基礎。

興建階段以 180 日文件提報、365 日內取得發電籌設許可及併聯試運為關鍵關卡，53 週建置基線把現勘、簽證、土地、審查、採購、施工、測試和移交串成可查核路徑。每一停留點都有輸入、接受準則、責任及證據；外部核准列為相依條件，不以尚未取得的租約、饋線或審查意見製造完成假象。預算則保留直接薪資、直接執行費、公司管理費和稅費四項控制，並將設備、渠道、併網、監控、簽證、保險及試運分別連到交付驗收。

營運階段以治理、控制、現場及專業支援形成單一指揮與工單閉環，持續監看水位流量、渠道、機電、保護、CCTV 及通訊。供水不足、渠道異常或重大告警會依分級邏輯減載、停機、隔離、通報與查驗，復歸須同時通過渠道、機電、儀控及安全條件；巡查、清淤、維護、備品、演練與改善均回寫設備履歷。最終價值不只在發電量，而在可追溯計算、可維護設計、可稽核營運和可回復退場共同降低 20 年履約風險，讓機關能以圖說、計算、查驗、測試、工單和績效紀錄持續驗證投資承諾。

參考文獻

1. 法務部（2023）。水利法。 全國法規資料庫。 https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0110001
2. 農業部（2020）。農田水利法。 農業部主管法規共用系統。 https://law.moa.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL001178&media=print
3. 農業部（2025）。農田灌溉排水管理辦法。 農業部主管法規共用系統。 https://law.moa.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL001237
4. 經濟部（2025）。再生能源發展條例。 經濟部主管法規查詢系統。 https://law.moea.gov.tw/LawContent.aspx?id=FL049721
5. 經濟部（2026）。再生能源發電設備設置管理辦法。 經濟部主管法規查詢系統。 https://law.moea.gov.tw/LawContent.aspx?id=FL054000
6. 法務部（2026）。電業法。 全國法規資料庫。 https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0030011
7. 台灣電力股份有限公司（2023）。台灣電力股份有限公司再生能源發電系統併聯技術要點。 台灣電力股份有限公司。 https://hc2.taipower.com.tw/media/3inksmke/annex-6-taipower-company-renewable-energy-power-generation-system-parallel-technology-guidelines.pdf?mediaDL=true



版權所有 翻印必究