

應用太陽能虹吸排水與下游主動防禦系統解決偏遠

地區堰塞湖災變之完整方案建議書

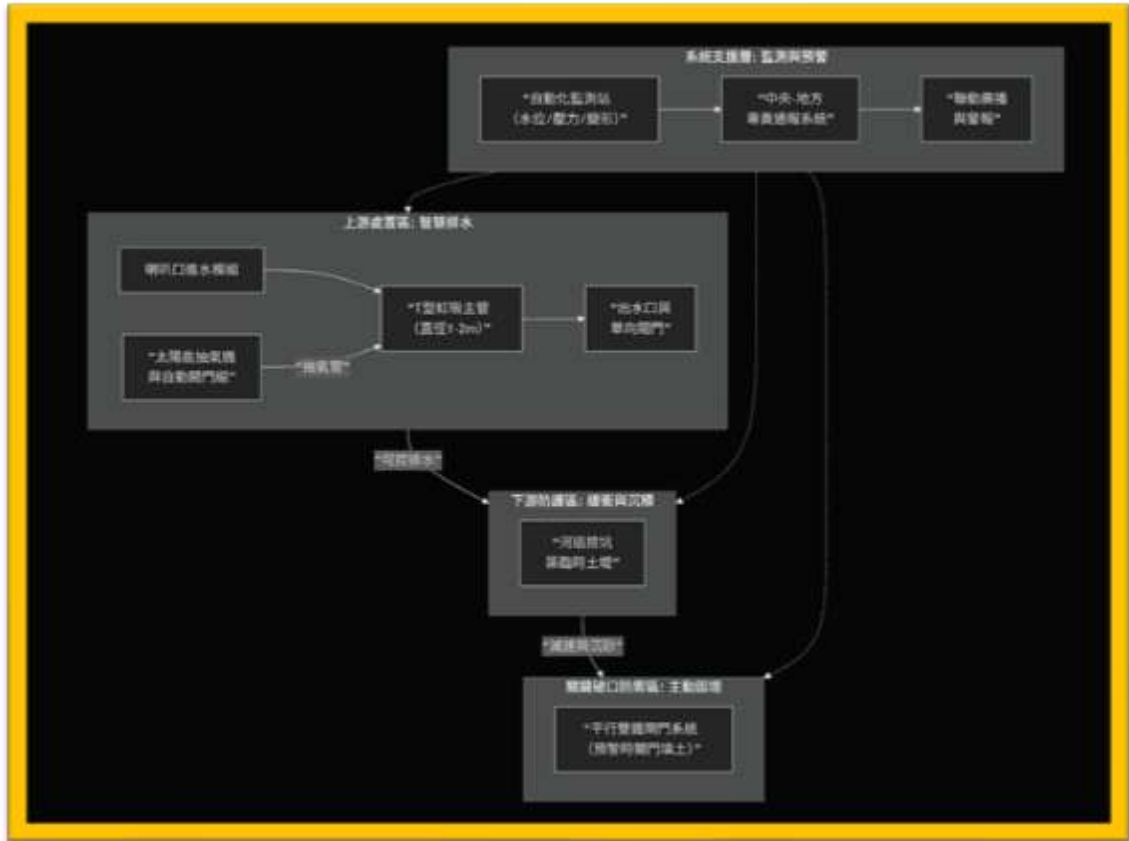
本文由戴清河(chday169)提出概念，利用 DeepSeek 整理生成

0_摘要

本方案針對偏遠地區堰塞湖處置難題，提出一非爆破、低能耗之系統性解決策略。核心在於利用太陽能驅動之自動化虹吸排水系統，安全、可控地降低堰塞湖水位；並結合下游平行雙閘門填築工法等主動防禦措施，形成「上游洩能、下游固防」之立體防災體系。文中詳述系統構成、運作原理、自動控制邏輯與實施建議，提供一套完整可行之技術藍圖。

1_整體系統戰略規劃

下圖展示了本方案的整體佈局，將上游排水、中游防禦與下游預警有機地整合為一體。



2_核心技術一：太陽能自動化虹吸排水系統

此系統為本方案之創新核心，旨在無需外接電網與持續人工操作下，實現大流量排水。

<1>系統構成與示意圖

(1)圖例說明：

(2)T 型虹吸主管道：

直徑 1~2 公尺之高強度防水帆布管或 PVC 管，鋪設路線需順暢且持續下傾。

<2>喇叭口進水模組：

(1)浮動進水口：

隨水位下降而調節，延長有效排水時間。

(2)攔污柵：

防止大型漂浮物進入。

(3)檢修閘門：

用於系統維護。

<3>太陽能抽氣與控制單元：

(1)太陽能板與抽氣機：

設置於岸邊安全高處。

(2)抽氣管閥門 (V1)：

常閉型電磁閥，通電開啟，抽氣時打開，完成後關閉。

(3)真空破壞閥 (V2)：

常開型電磁閥，通電關閉，斷電時開啟以破壞虹吸。

(4)真空壓力傳感器：

監測管內壓力。

(5)可程式控制器 (PLC)：

系統大腦，接收傳感器信號，自動控制閥門與抽氣機。

<4>出水口與單向閥門：

防止空氣倒灌，確保虹吸穩定。

<5>自動控制流程

其自動化運作流程，可歸納為以下步驟：

- (1)高真空密封電磁閥 (常閉型與常開型)
- (2)工業級真空壓力傳感器
- (3)堅固耐用的 PLC 控制器 (具備防塵防水功能)
- (4)技術支援與測試報告

3_核心技術二：下游平行雙閘門主動防禦系統

此設計旨在將下游脆弱點轉化為堅固的防禦節點。

<1>設計概念：

於已知破口（如採石場道路）設置兩道平行之堅固鐵閘門。

<2>操作流程：

(1)預警階段：

接獲颱風或潰堤預警後，立即關閉兩道閘門。

(2)主動填築：

利用現場機械，迅速從河道中取土，填滿兩閘門間的空間，形成一道實體堤防。

<3>一石二鳥之效：

(1)主要目的：

瞬間強化破口，其穩定性遠勝空閘門。

(2)衍生效益：

河道取土自然形成沉砂池，可有效沉澱上游來沙，兼具防洪與減淤。

4_核心技術三：

壩體穩定性評估與全自動化安全監測系統

本部分旨在建立一套「從認知到預警」的壩體安全監控體系，確保前述各項處置措施能在安全的前提下執行。

<1>前期調查與穩定性分析（災前與災中評估）

(1)工址地質調查與探勘：

空載光達與無人機攝影測量：快速獲取堰塞體及周邊區域的高精度地形、裂縫分布與潛在滑動面。

<a>地球物理探勘：

使用地電阻影像法或震測法，快速推估壩體內部結構、材質分布與弱面位置。

現場鑽探與取樣：

在條件允許下，進行簡易鑽探，獲取壩體材料（土、石、砂）的物理力學參數（如內摩擦角、凝聚力、粒徑分布、滲透係數），為穩定分析提供關鍵輸入數據。

(2)壩體穩定分析：

<a>極限平衡法分析：

使用專業岩土工程軟體，根據地質調查結果，模擬在不同水位條件下（尤其是排水過程中水位快速下降時）壩體的邊坡穩定性，計算其安全係數，評估發生圓弧滑動或平面滑動的風險。

數值模擬分析：

採用有限元素法進行更精細的應力-變形耦合分析，預測壩體在排水過程中的變形行為。

<c>壩體滲流網模擬：

(a)目的：

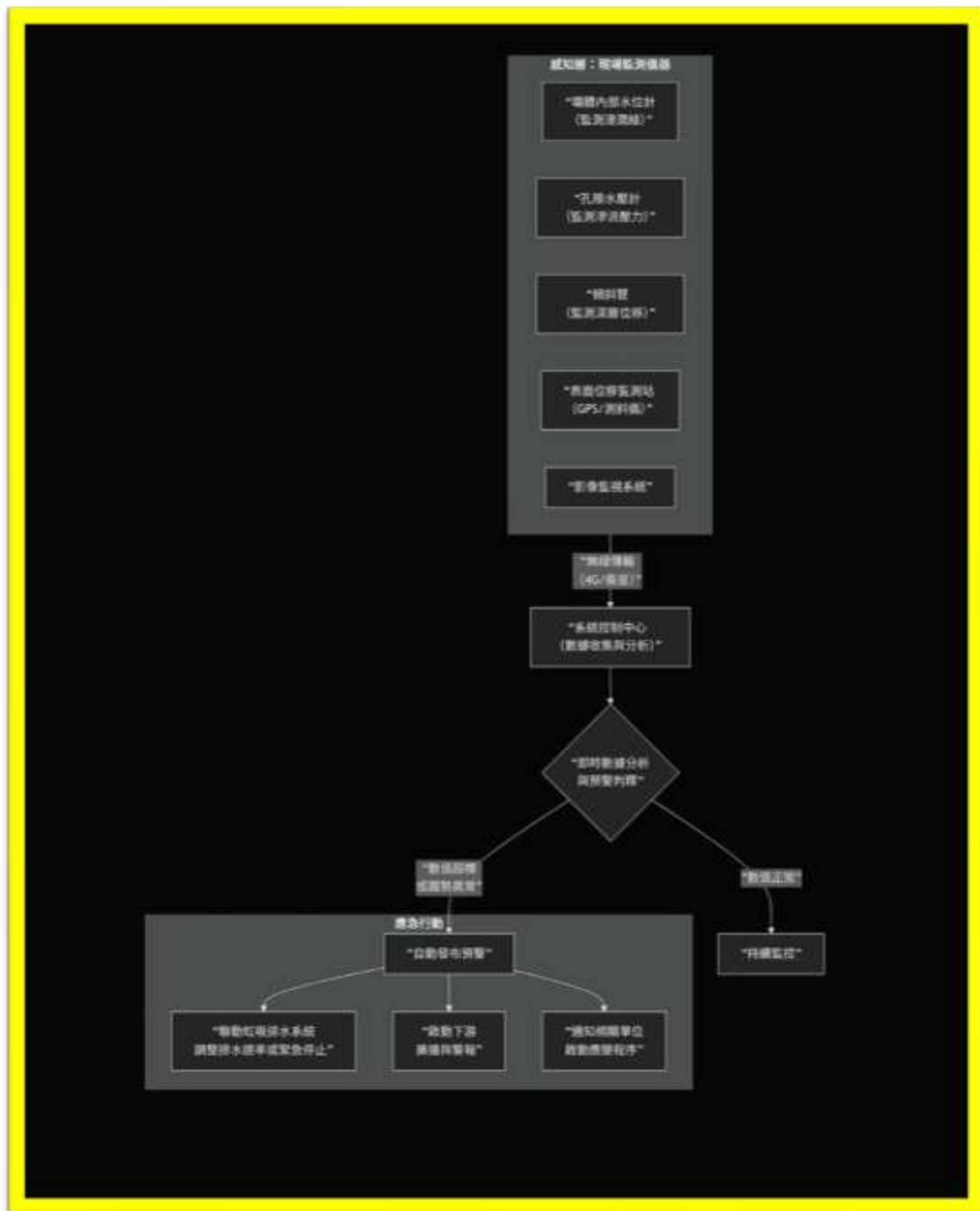
分析堰塞湖水位變化時，壩體內部的浸潤線位置、滲流路徑及滲流量。

(b)重要性：

浸潤線的高低直接影響壩體的穩定性。透過模擬，可以預測排水過程中滲流逸出點的位置，評估發生管湧或內部侵蝕的風險，並提前在下游坡腳準備反濾層或導排水設施。

<2>全自動化立體安全監測系統（即時監控與預警）

下圖展示了如何將各項監測數據整合，並與控制中心聯動，形成一個閉環的智慧防災系統。



(1) 監測項目與聯動控制說明：

<a>壩體內水位及水壓監測：

(a) 儀器：

在壩體不同高程與位置埋設孔隙水壓計與水位觀測井。

(b) 功能：

即時追蹤浸潤線的變化，驗證滲流網模擬的準確性。當水壓異常升高，可能表示排

水不暢或內部堵塞，是潛在潰壩的前兆。

壩體變形監測（傾斜管及位移）：

(a)深層水平位移：

在壩體鑽孔安裝傾斜管，可精確測得滑動面的深度與位移量，是預警邊坡滑動最直接的指標。

(b)表面位移：

佈設 GPS 自動監測站或全站儀，監測壩體表面與周邊岩體的三維位移變化。

(2)與系統控制中心的聯動：

<a>數據融合與智慧判釋：

控制中心平台需具備閾值預警與趨勢預警能力。例如：當位移速率突然加快、或浸潤線遠高於模擬值，系統應自動提升警戒等級。

主動反饋控制：

監測系統可與虹吸排水系統聯動。當監測數據顯示壩體穩定性因排水速度過快而惡化時，控制中心可自動下達指令，調節出水口閘門或啟動真空破壞閘，暫停或減緩排水，等待壩體內部水壓調整穩定後再繼續作業，實現「安全優先」的自動化調控。

5_ 結論：

邁向模組化、可快速部署的智慧防災體系

本方案已從單一的工程技術提案，演化為一個完整、周密且具備前瞻性的「堰塞湖災變風險管理與智慧決策支援系統」。其最終目標是成為一套能夠在緊急情況下，快速反應、高效部署、安全可靠的標準化應變程序。

<1>核心優勢：從被動反應到主動感知與預警

本體系的核心在於「智慧」與「安全」。我們不僅提出了上游排水與下游防禦的主動工程措施，更關鍵的是，建立了從「壩體地質探勘」、「數值模擬分析」到「立體化自動監測」的完整認知與預警鏈。這使得我們能在災害發生前，透徹理解災害體的性質，並在處置過程中，即時掌握其反應，實現從被動救災到主動駕馭風險的跨越。

<2>實現快速部署的關鍵：全系統模組化設計

為克服偏遠地區施工道路開闢不易、時效要求極高的核心挑戰，本方案所有關鍵組

件均應採用模組化設計：

<a>虹吸系統模組：

T 型主管道設計為可快速連接的標準節段；太陽能板、抽氣機、控制櫃整合為獨立電源控制模組。

監測系統模組：

監測站整合為一體化套件（含 GPS、雨量計、太陽能供電與通訊設備），即插即用。

<c>閘門系統模組：

鋼製閘門預製成可拼裝的單元。此設計使整個系統能透過直升機進行高效吊運，並在現場實現快速組裝，搶奪防災黃金時間。

<3>形成安全閉環控制，確保處置安全

方案中最大的亮點之一，在於將「監測預警系統」與「虹吸排水系統」進行了智慧聯動。這形成了一個安全閉環控制：當監測數據顯示壩體穩定性因排水而出現惡化趨勢時，系統能自動調節或中止排水作業。這從根本上解決了處置過程中「為化解一災而引發另一災」的關鍵矛盾，確保了整個處置行動的本質安全。

<4>整合現地資源，實現平戰結合

下游「平行雙鐵閘門主動防禦系統」的設計，巧妙地將可能存在的商業設施（採石場）及其機械設備，轉化為防災體系的有機組成部分。這種「平戰結合」的思路，極大地提升了方案的經濟性與實戰中的快速反應能力。

6_具體實施建議

<1>成立跨部門專案小組：

由水利署、水保局、國家災害防救科技中心及軍方單位組成，統籌規劃。

委託研發與標準制訂：委託專業機構，進行模組化裝備之細部設計、原型製造與測試，並訂定相關作業標準（SOP）。

<2>建立裝備預置與訓練機制：

將成熟之模組化裝備預置於關鍵區域，並定期進行直升機吊掛運送、現場快速組裝與系統聯調之跨部門實兵演練。

<3>建構智慧決策平台：

開發整合即時監測數據、數值模擬預測與處置方案評估之決策支援系統，作為指揮

官之大腦。總結而言，本方案不僅是一系列技術的堆疊，更代表了一種應對偏遠地區複合型災變的系統性新思維。透過「**模組化設計、直升機投送、智慧化控制**」的三位一體策略，我們能夠將先進的防災科技，轉化為在最艱難環境下也能可靠運作的實戰能力。盼能獲得主管機關重視，啟動此一系統之研發與建置，為台灣及全球之防災減災工作，寫下嶄新的一頁。

7_致謝

感謝各位防災領域同仁與關心此議題的社會大眾。