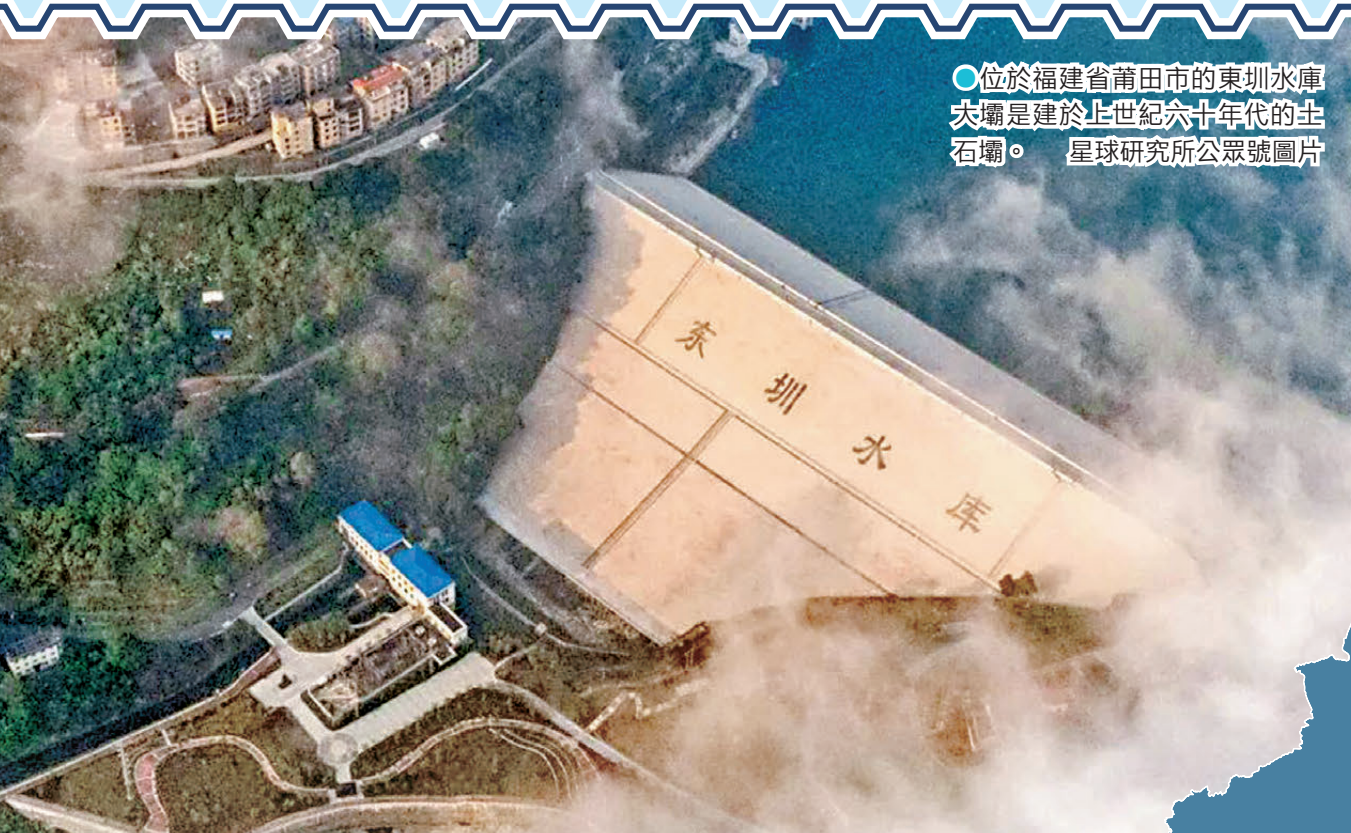


編者按

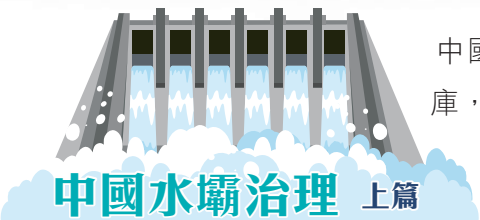
中國是世界上河流最多的國家之一，4.5萬餘條江河縱橫交錯遍布960萬平方公里的大地；中國也是世界上水旱災害最多的國家之一，數千年的中華文明發展史是人與水旱災害的抗爭史；中國還是全球大型水利設施最發達的國家，其中最為突出的，便是遍布中國大地，攔蓄近9,000億立方米庫容的近10萬座水壩。這些水壩有的步入暮年，有的剛剛新生，它們共同組成超過30萬公里的防線。香港文匯報今起推出中國水壩治理系列，從老舊水壩的加固，到新時代水壩的建設，講述中國新時期馴服水患、造福人類的水壩治理之道。



●位於福建省莆田市的東圳水庫大壩是建於上世紀六十年代的土石壩。 星球研究所公眾號圖片

中國治理病險水庫 3年350億改造5000餘座

從傳統防禦邁向智慧管理 年均潰壩率達國際低水平



中國水壩治理 上篇

中國現有94,300座水庫，數量居世界之首。這個龐大的數據中，99%是中小水庫，80%以上建於二十世紀五十至七十年代，土石壩的比例高達90%以上。今夏極端強降雨天氣多發頻發，內地多個水庫經受超標準洪水嚴峻考驗。習近平主席近期對防汛救災工作作出重要指示，要求深入開展江河湖泊、病險水庫等風險隱患排查整治。中國對病險水庫的加固從未停止，在新時代下，傳統的防禦思路正經歷轉變，對於這些老舊水壩，中國已勾勒出治理新藍圖。2025年至2027年，中國將實施200餘座大中型水庫和4,800餘座小型水庫除險加固，預計投資350餘億元。

●文：香港文匯報記者 江鑫嫻 北京報道 圖：網上圖片

7月6日，廣西南寧橫州市六藍水庫發生潰壩，造成重大人員傷亡的險情引發社會關注。這座建成於二十世紀五十年代的中型老舊水庫，雖歷經多次除險加固，卻在歷史極值暴雨中出現漫壩、潰口險情，暴露了中國眾多老舊中小型水庫土石壩正成為亟需解決的重大課題。不過，若沒有這些水庫大壩，洪水早就「殺戮成性」，為了國計民生，中國走過一條坎坷但堅毅的發展之路：新中國成立的1949年，全國發生大面積水災，20多個省的354個縣、4,450萬人受災。此後水利建設進入了快車道，1949年至1957年間，全國新建水庫1,079座；1958年至1965年新建45,410座，六藍水庫便誕生於此時。至1976年底，全國水庫已達85,400多座，是新中國成立前的70倍。

在不到30年的時間裏，水庫數量有了翻天覆地的變化，徹底扭轉了舊中國水利基礎薄弱的局面，中國也因此成為世界上擁有水庫大壩最多的國家。但隨着大壩年齡漸長，數萬水庫的維修問題也浮上水面。

「十四五」除險加固近1.8萬座水庫

廈門市國水水務諮詢有限公司總規劃師、水利天下公眾號創辦人兼主編薛國強告訴香港文匯報記者，最近很多業界專家在探討六藍水庫險情，這對於如何治理二

十世紀建設的同類老舊中小型水庫具有啟示意義。全球極端天氣頻發，早年依據歷史水文設定的防洪標準，放到當前氣候條件下，實際抵禦洪水的能力大打折扣。他建議，中小型老舊水庫可優先布置雨量計、水位計、滲壓計三類基礎核心設備，搭配北斗傳輪與簡易視頻監控。事實上，中國病險水庫的除險加固工作從未停止。截至2019年6月，全國共完成6.98萬座病險水庫除險加固任務。另據水利部介紹，「十四五」時期，共實施病險水庫除險加固17,998座，大量資金投向了老舊水庫的除險加固與改造。

這樣的投入背後，傳統的防禦思路正在經歷一場深刻轉變。天津理工大學海洋能源學院副教授王佳表示，近年來，水庫安全管理正逐步向工程治理、安全監測、數字孿生等協同推進，具體包括：防汛需重新識別風險，而不只查工程外觀；需補齊雨水情和大壩安全監測；建立小流域短臨預報和水庫群聯合調度；制定完善水庫下游洪水風險圖和轉移預案；依法依規推動病險水庫除險加固、降等報廢和功能調整。

水利部主管的中國水利雜誌公眾號文章統計顯示，進入21世紀後，中國水庫的年均潰壩率已降至0.5‰以下，達到國際低潰壩率水平，然而，因超標準洪水造成的

潰壩比例卻呈現明顯增長趨勢。據統計，2000至2024年，全國因超標準洪水潰壩45座，佔同期潰壩總數的46%。其中，土石壩佔比約90%，小型水庫佔比約76%。

運用新技術賦能監測感知網絡

在這場重塑防洪網的持久戰中，針對這些老舊水庫未來的治理藍圖清晰可見。根據水利部聯合國家發展改革委印發的《全國病險水庫除險加固實施方案》，2025年至2027年，中國將實施200餘座大中型水庫和4,800餘座小型水庫除險加固，預計投資350餘億元。

當前正值防汛關鍵期。水利部運行管理司司長張文潔表示，已全面落实小型水庫防汛行政、技術和巡查「三個責任人」16萬人，每天有針對性地抽取100座以上水庫了解運行狀況。病險水庫主汛期原則上一律空庫運行，並推進水利遙感衛星、無人機、人工智能、大數據等新技術對傳統監測感知手段的賦能提升。

「除險加固完成不等於一勞永逸。」薛國強提出，後續對老舊水庫必須實行全過程管控。到規定年限必須開展安全鑒定，根據鑒定結果分類處置；部分喪失使用功能、加固成本過高或是先天結構存在硬傷的水庫，按照規範流程逐步降等、報廢處理。



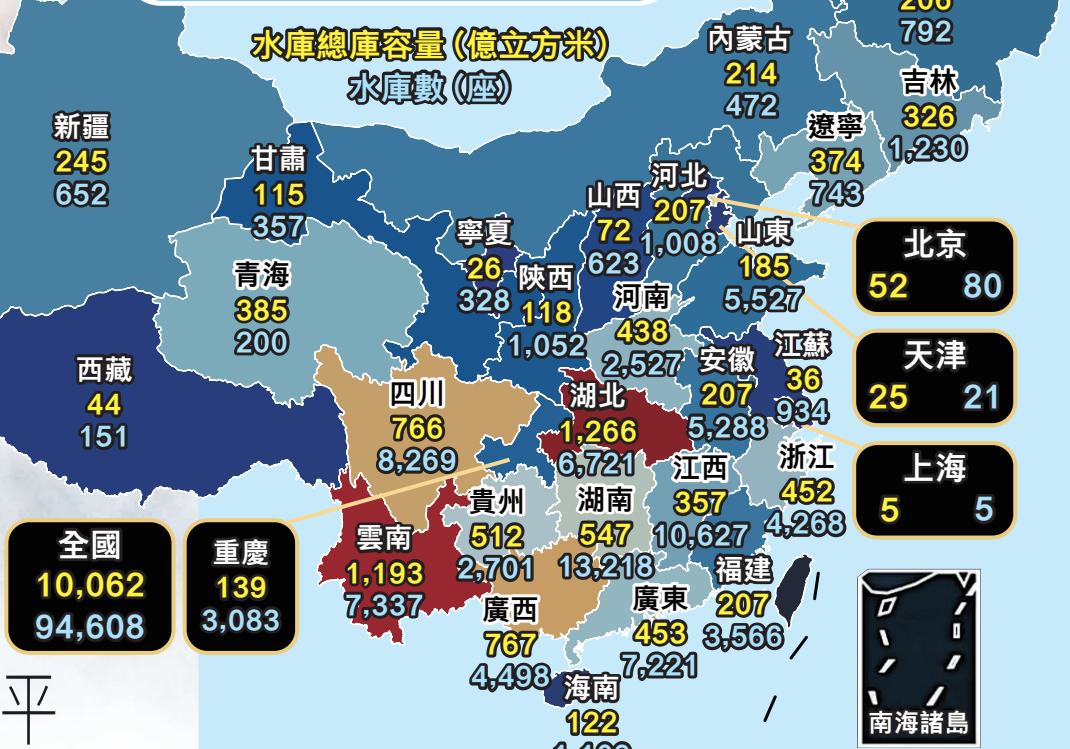
●7月初，颱風致廣西六藍水庫潰壩。截至21日，廣西南寧市、貴港市因颱風遇難159人，失聯10人。

數讀中國水壩

來源：人民網·中國水利雜誌微信公眾號

總量：94,300座
(截至2026年8月1日人民網報道)
土石壩：佔總量90%·約8萬多座
壩高低於30米：佔總量92%
潰壩事件(2000至2024年)：100座·潰壩率降至0.05‰以下，進入世界低潰壩率國家行列
大壩均齡：53年·2030年約76%的大壩將超過50年的合理使用年限

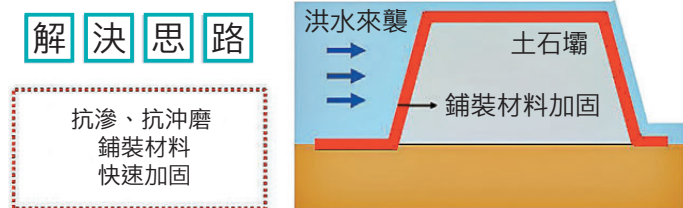
各地區水庫數及總庫容量 (港澳台除外)(截至2024年)



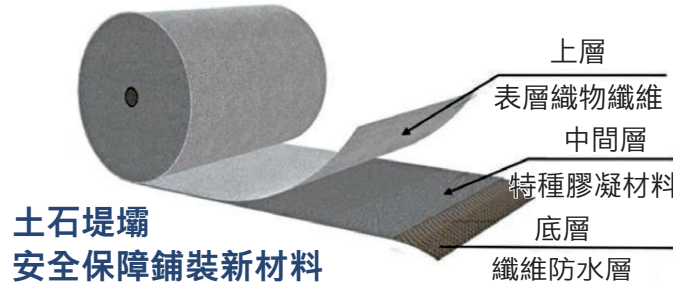
來源：中國統計年鑒2025

整理：香港文匯報記者 江鑫嫻

國產鋪裝材料給土石壩穿上「防水盔甲」



解決思路



特稿

「年過半百」的土石壩如何抗拒新災？內地相關部門都在加快研究新方法新材料。在廣西六藍水庫潰壩後，中國水利雜誌7月22日發布《中小型土石壩壩超標準洪水漫潰防範長效工程措施研究》指出，研究中小型土石壩壩超標準洪水防範措施，避免發生漫潰潰決，是安全大壩建設的重要要求，也是構建安全韌性現代水網的迫切需求。

中國水利水電科學研究院岩土所所長鄧剛在上述《研究》中提出一種土工膜防護技術，將土工膜作為抗沖防滲材料，鋪設在坡頂、坡頭、坡面及坡底處，形成土工膜漫潰防護結構，鋪設土工膜的實驗壩抵抗住了超過10小時的持續漫潰水流沖刷而未被破壞。

與混凝土等剛性防護材料相比，土工膜兼具較強的抗沖刷能力和抗滲能力，便於與下臥砂料或合成材料排水層適配，且因其柔性和延展性可長期適應土石壩壩變形而不發生破壞。在土工膜表面覆蓋土體可進一步提高其老化耐受能力，便於進行長效布置。

高強度高抗滲耐沖刷 全鏈條防護

另據廣東省水利水電科學研究院近日消息，該院自主研發的「一種壩壩鋪裝材料及其製備方法和應用」，把快速鋪設、高強抗沖、多層防滲三大能力合為一體，相當於給每一座土石壩壩穿上一件抗沖耐磨的防水盔甲，大幅提升水庫抵禦超標洪水的威力。

這項技術的核心是一套三層複合結構，每層通過三維纖維紡織嵌鎖咬合，澆水固化後形成整體，從抗沖、加筋、隔水形成全鏈條防護體系。據悉，這個「防水盔甲」乾燥狀態時可摺疊備運，搶險時像鋪地毯一樣展開，無需大型機械，無需複雜工序，鋪到壩面上遇水即可硬化，從一塊柔軟的織物變成一層高強度、高抗滲、耐沖刷的剛性護面。未來，該專利材料將廣泛應用於三大場景：病險水庫常態化除險加固；各地防汛物資前置備儲；汛期突發漫頂、潰壩險情應急搶險。

不能只盯大壩 要考慮下游承災能力

此外，水利專家薛國強提醒，水庫防洪不能只盯着大壩安全，更要統籌下游城鎮、農田、交通等承災對象風險。他指出，不少地方水庫自身防洪標準較高，但下游河道行洪空間不足，水庫開閘洩洪後洪水無法快速下排，風險直接轉移到下游村鎮、道路、學校和工礦企業，單純加固大壩並不能從根本上保障群眾安全。

現實中已有不少成功案例。1965年建成的安徽牯牛背水庫作為水利部現代化水庫運行管理矩陣試點，依託數字孿生實景三維系統，可以模擬不同洩洪工況下洪水演進路徑，預判下游受影響範圍，反向優化下泄流量，實現從「水庫單控」向「庫河聯動」轉變，守護下游30多萬民眾安全與8萬餘畝農田灌溉安全。

「天空地水工」系統31萬監測點守護水利工程安全

「水庫是一個點，巡查容易做到。堤壩是一條線，非常長，常規人工巡查可能做不到全覆蓋。」水利部大壩安全管理中心總工程師盛金保指出，在堤壩渡汛中，要加強無人機、衛星遙感等高新技術運用，在汛期要做到全覆蓋、無死角巡查，發現險情及時處置。水利部正加快構建「天空地水工」一體化監測感知系統，目前中國已基本形成涵蓋34顆遙感衛星、230多部水利測雨雷達、4,000餘架無人機、13.7萬處地面水文監測報汛站、31萬處水利工程安全監測點的「天空地水工」一體化監測感知網絡。

「十四五」以來，水利部門系統推進數字孿生水利體系建設，強化預報、預警、



●「天空地水工」一體化監測感知系統部分監測設備。

預演、預案「四預」功能。加快構建「天空地水工」一體化監測感知系統，為水利工程安全風險監測防控提供實時信息支持。

在近期實操案例中，面對颱風「美莎克」帶來的影響，珠江委依託數字孿生珠江推演結論，綜合考慮100餘套預演方案，下達32道流域統一調度指令。全流域25座水庫聯合攔蓄洪水約44億立方米，郁江貴港站洪峰流量削減至15,000立方米每秒，西江梧州站降低洪峰水位2.03米，避免了沿江低窪區受淹。郁江桂平段水位降低約3.5米，沿線城鄉防洪壓力明顯緩解。

盛金保表示，數字賦能對進一步提升大壩管理水平非常重要，但目前基層技術能力可能還存在一定的差距，作用未充分發揮。後續，一方面要加強高新技術應用，另一方面要加強培訓、能力建設，真正把數字賦能落到實處。