



# 黔中水利樞紐工程特別報道 2

■責任編輯：胡可強  
版面設計：陳潔

黔中水利樞紐工程建設最大的困難，一是喀斯特地貌的典型負地形，溶洞、漏斗、陷塘、暗河密佈暗藏，二是望不斷數不清的崇山峻嶺、懸崖絕壁、深壑高塹，帷幕防滲、輸水渡槽、隧洞工程好些節段的施工難度，甚至超過了「南水北調」工程。

黔中水利樞紐輸水渠系總幹渠佈置渡槽34座，全程56座，為中國水利建設史上所罕見，堪稱一所不折不扣的高原渡槽博物館。

■特約記者 義和 香港文匯報記者 前方 平寨 六枝 貴陽 報道

■青年隊渡槽。  
黃鋒 攝



# 滋黔潤民大命脈

## ——黔中水利樞紐工程走筆·建設篇

兩隻工程「攔路虎」

黔中水利樞紐工程水源點平寨水庫大壩，選址六枝特區牛場鄉木底上寨——西南貴州一個僻靜偏遠的小山村。

2009年11月30日，石破天驚，木底上寨的鄉親們再怎麼使勁想也想不到，因為黔中水利樞紐一期工程在此開工建設，山溝竟然破天荒那麼多車魚貫而入、那麼多官屈尊枉駕、那麼多人接踵而至，而山寨從今後將脫胎換骨，地覆天翻。

黔中水利樞紐工程的開工典禮隆重、熱烈、喧騰、喜慶，也太應該隆重、熱烈、喧騰、喜慶。86歲的錢正英致賀信，國家發改委致賀信，水利部部長陳雷親臨賀喜，時任貴州省省長林樹森宣佈工程破土，時任貴州省委、省人大、省政府、省政協、省軍區、省武警總隊，以及長江水利委員會主任蔡其華、珠江水利委員會主任岳中明等等，一干政要和水利「大咖」，主席台有座。

禮炮齊鳴，喜上雲天，隨著陳雷、林樹森共同按下工程啟動球，黔中水利樞紐建設的大幕就此拉開。新一代建設者，將把數百萬黔中人跨越世紀的夢想、一方黨政主官的戰略謀劃和幾代水利英傑的治水藍圖，在黔中大地變成水壩、水庫、電站、泵站、隧洞、渡槽、水渠、管網等，實打實的物質存在。

貴州高原峰巒迭嶂，溝谷縱橫。與平原丘陵興修水利大相徑庭、與高山峽谷「鐵、公、機」陸空交通建設迥然有異，黔中水利樞紐建設面臨的困難可謂狼狽成群，其中最大的兩隻「攔路虎」，一是喀斯特地貌的典型負地形，溶洞、漏斗、陷塘、暗河密佈暗藏，二是望不斷數不清的崇山峻嶺、懸崖絕壁、深壑高塹，隨時都可能使工程建設「腸梗阻」。

貴州省水利水電勘测設計研究院院長申獻平說，工程總投資雖然在全國只能算中上，但黔中水利樞紐工程好些節段的施工難度卻是「超難」。

「一要在水源點三岔河複雜的地質結構上建造一座高157.5米的大壩，二要在山區複雜的地理環境上建造大型的曲線渡槽、隧洞和導流管。」貴州省水投(集團)公司黔中公司總工程師張健說，「這兩大難題，典型反映了黔中水利樞紐工程的施工之難，在迄今為止的中國水利灌溉工程建設上，都可稱「最」。

「貴州搞大型水利的難度非常大，某些方面，黔中水利樞紐工程的施工難度甚至超過了「南水北調」。」水利部水規總院副總工程師關志誠說。

堵漏防滲大「水缸」

黔中水利樞紐水源點平寨水庫，壩高157.5米，正常水域面積22平方公里，回水長度40公里左右，總庫容10.89億立方米，差不多就是兩個紅楓湖大小。中國電建水電十五工程局標段項目總工程師孫慶說，平寨水庫儼然就是黔中腹地的一口超級大「水缸」。

大中型水利工程，修「水缸」必不可少，而修「水缸」，帷幕灌漿必不可少。帷幕灌漿，就是將混凝土漿液灌入岩體或土層的縫隙、孔隙，形成連續的阻水帷幕，以減少庫水的跑、冒、滴、漏。一般地區，修「水缸」防止「缸」水滲漏，帷幕灌漿只要封堵岩體或土層的縫隙即可，而岩溶發育強烈地區，帷幕灌漿要對付的卻是「水缸」周圍山體內或明或暗的若干岩孔和洞穴，換句話說，就是大大小小的窟窿！一旦「水缸」出現窟窿，曉得中國宋代司馬光砸缸的故事吧，結果就是「缸」水，一瀉而光。

平寨水庫就是這麼一口「水缸」：處於典型的喀斯特地貌，水文地質條件異常複雜，表面上看去普普通通的山脈，雖然事先經過慎密科學的地質勘探，但它肚子裡到底有多少空洞和窟窿，以及還有些什麼「花花腸子」，實難預料。孫慶對此體會深切。

孫慶所在的中國電建水電十五工程局承建平寨水庫的面板堆石壩、開敞式溢流洞、洩洪放空洞、帷幕灌漿防滲等主要工程。2010年12月，孫慶奉調從新疆來貴州參與黔中水利樞紐工程建設，負責帷幕防滲。此前他參與過很多大壩建設，有些工程還獲得過中國建築工程最高獎——

魯班獎。未曾想，堵漏防滲，這件先前想來「就那麼點事」的活，卻讓他深深領教了喀斯特高原修「水缸」的不勝其煩和焦頭爛額。「山體內的岩溶孔洞之多，我見所未見，有的孔洞，灌注了幾十噸水泥也還是喂不「飽」。孫慶回憶，「而且，施工開始不久，三岔河就給我這個還算有經驗的工程師來了一個「下馬威」。

平寨水庫帷幕灌漿防滲工程在水源區分層展開廊道作業，河道兩岸山體分別開挖三條廊道，由上而下、由高往低，左岸四層，右岸三層，廊道內再打孔澆注混凝土，以形成巨大的水泥幕牆，封閉和堵塞山體裡的岩孔和洞穴，有多少，封多少、堵多少。

2011年5月，大壩右岸一層灌漿廊道施工至



■平寨水庫帷幕灌漿防滲施工。圖由貴州省水利廳提供

50米時，突然炸出了一個深不見底的大溶洞。「後來用儀器測量，溶洞直線距離達50米。」孫慶說，「我們拿到招標文件和轉發施工圖時，上邊並沒有標明山體裡有這麼大一個溶洞。」結果，工程發生「腸梗阻」，施工不得不中斷，而且一斷就是7個月，孫慶他們急如熱鍋上的螞蟻。最後，經多方「會診」，決定用石料對溶洞進行回填，然後再繼續灌漿。「回填的石料多達2.3萬方，相當於20噸的載重機車，裝載了1000多輛。」孫慶說。

而據統計，平寨水庫的帷幕灌漿防滲，單是庫首，兩岸山體防滲帷幕投影長度就達3.2公里，灌漿總進尺25.7萬米，防滲面積37.3萬平方米，灌漿使用的水泥，則要15000餘噸載重20噸的卡車，才能拉完。

2015年4月14日，黔中水利樞紐一期工程開始分級蓄水。蓄水便蓄水，何以分級？5月7日，貴州省水利投資(集團)有限責任公司副總經理吳偉做客當代先鋒網回答網友提問說，「分級蓄水是水庫建設規範和水利部水規總院對黔中水利樞紐工程水源點進行安全鑒定的鐵的要求」，而安全檢驗的主要方面之一就是，帷幕防滲。

工程業已完成，但項目審批者、設計者和建設者仍然臨深履薄，心若懸旌。黔中水利樞紐工程建設之難，可見一斑。

# 世界「一哥」

■2005年6月29日，龍場渡槽拱圈吊裝合龍。  
義和 攝



假如用漢語將宏大的黔中水利樞紐工程高度精簡濃縮，倆字：「水」、「渠」，水渠一拆兩分。水，匯集百川的水源點平寨水庫；渠，龍蛇逶迤的隧洞、渡槽、支渠、管道等輸水渠系。水待渠成，渠俟水就；水納百川，渠舞龍蛇。

黔中水利樞紐工程輸水渠系包括總幹渠1條63.4公里、幹渠1條84.7公里，支渠25條247公里，幹支渠總長395公里，其中，明渠74.5公里，隧洞17條54.58公里，渡槽56座18公里。

輸水渠系的修建之難較之水源點，有過之而無不及。渠系曲線建築物，隧洞、渡槽、管道等，一是必須在岩溶發育強烈、地形起伏多變的崇山峻嶺中逢山開洞、遇谷搭槽，穿岩走壁，跨壑越塹，嚴絲合縫，十拿「十」穩，不容哪怕有只有1釐米的差池；二是渠道、流水不象公路那樣，能隨便「爬」坡「下」坎，如果坡度不控制在1/2000和1/5000分之間，水流就不能由此及彼，自流到達；三是高大跨渡槽建設難度奇大，前無古人，業無先例。

離水源點平寨水庫32公里的龍場渡槽，單跨200米，高度120米，處在總幹渠通水目標的直線工地上，為黔中水利樞紐的控制性工程，是目前世界上單跨最大的鋼筋混凝土拱式渡槽。現場施工前，承建單位水電九局何敢大意，先後請來大連理工大學、中國大橋局、四川路橋公司、貴州路橋公司和貴州交通調查設計院等頂尖外援，進行反復試驗和論證，僅預壓試驗，就進行了7天7夜。

「龍場渡槽技術要求高，難度大，業界無先例。」水電九局總幹C3標段項目經理劉修海說。據劉修海介紹，貫穿龍場渡槽項目的受體體系轉換作業就是一项十分複雜、細心的技術活，每一步操作及觀測指標都必須要有充分的計算依據，毫釐不爽。「龍場渡槽吻合度極高，誤差為毫米級，」為龍場渡槽施工技術「保駕」的大連理工大學橋隧專家黃才良教授補充，「每平方米的載重量還是同樣公路橋樑載重量的6倍。」

龍場渡槽採取全斷面整體澆築分段吊裝法施工，在國內屬首次採用。渡槽由28節拱箱構成，山岩兩端第一段為現澆，其餘26節均為預製吊裝，每一個預製節段的重量在80噸以上，最重節段達241.5噸，相當於150輛轎車的重量。渡槽索索系統跨度達550米，設計起吊重量300噸，每一根鋼絞線要承擔10噸的重量。每一次起吊作業，雖然都將鋼筋混凝土拱箱穩穩地懸掛於峽谷之間，但現場人員的心弦，從一開始，恰如一根根繃直的鋼纜，直繃得緊緊的，直繃至吊裝結束。施工之驚心動魄，毫不亞於戰場上的槍林彈雨和血肉橫飛。

2005年6月29日，龍場渡槽拱圈吊裝合龍。6時30分，多少人還在睡意惺忪時，渡槽最後一段拱箱吊裝已經起吊，230噸的混凝土構件提升空後，拱箱兩端與緊鄰拱箱的距離僅為15釐米，拱箱稍有擺動，就可能與緊鄰的拱箱發生碰撞，一旦碰撞，後果不堪設想。

為了達到設計要求的理想成橋狀態，施工方中國水電九局與國內知名橋樑專家成立了現場專家組攻堅克難，每一階段每一環節，施工之前都要進行電腦仿真計算，實測數據隨時修正理論模型參數，同時大膽改進傳統工法，對節段樁頭、索力張拉和標高調整等常規手段作了全面創新，改善結構受力降低風險，拱圈吊裝精度誤差控制在毫米級別，確保渡槽拱箱吊裝萬無一失。

8時30分，在全體施工人員的默契配合和精準操作下，拱箱精確就位，龍場渡槽拱圈成功合龍，一座中國水利工程史上輸水渠系建設新的里程碑，從此在貴州，矗立。

因為科技和工藝的卓爾不群，龍場渡槽「為今後高峽深谷修建渡槽提供了難能可貴的遵循或借鑒。」黃才良教授坦陳。

# 龍蛇逶迤

輸水渠系建築物挑戰建設者心智、勇氣和極限的還有，徐家灣渡槽採用連續剛構型結構，兩聯單跨180米、高度逾100米、總長度987米，單位荷載是同類公路橋樑的3-4倍，揭開了中國水利界渡槽設計和施工的全新一頁。焦家渡槽兩聯單跨180米，最高槽墩81米，單位荷載是一般公路橋樑的5倍，採用掛籃懸臂澆築技術施工，疊箱剛構渡槽結構為國內首創。

高難度輸水渠系建設，又不斷激勵着建設者的鬥志、才思和靈感，探索創新蔚然成風。新思考、新研究帶來的新成果、新技術填補了多項國內技術空白，渠道防滲塗刷水泥基、聚脲以及聚硫密封膠嵌縫，人工機制砂在高標號混凝土中的應用，連續剛構渡槽掛籃懸臂澆築技術，帷幕灌漿施工中的智能控制，以及窄深式渠道断面型式、自流控制式泄水堰等管網節水灌溉技術……系統解決了許多長期倍受困擾的高山峽谷長距離輸水技術難題。

黔中水利樞紐輸水渠系還是一座不折不扣、名副其實的渡槽博物館。輸水渠系全佈置渡槽56座，總幹渠34座，為中國水利建設史上所罕見。貴州省水利水電勘测設計研究院黔中設計處主任工程師羅亞松說：「僅總幹渠的渡槽，就幾乎囊括了所有的渡槽型式，排架簡支渡槽、折線拱式渡槽、超大跨單拱渡槽、大跨連拱渡槽、高墩大跨連續剛構渡槽、疊箱剛構渡槽、大跨預應力簡支渡槽等等，其中有不少是全國首創的渡槽結構型式，在水利工程施工史上具有極高的示範和參考價值。」

正是得益這些工藝技術的運用和創新，黔中渡槽方寸風姿綽約，各競風流——龍場渡槽凌空飛架，傲視群山；青年隊渡槽六拱相接，聯袂起舞；大幹河渡槽龍襟正坐，不亢不卑；徐家灣渡槽醉臥山野，蜿蜒逶迤；白雞坡渡槽坐水摩天，氣勢干雲；草地坡渡槽中規中矩，善良敦厚；焦家渡槽跨村越寨，天河橫空；蔡子沖渡槽首尾眷顧，意情綿綿……因為大山，素有「橋樑博物館」之稱的貴州，如今再因為黔中水利樞紐工程，又平添了一座「渡槽博物館」，一道高顏值的龍蛇逶迤的別樣風景！

中國人自古有龍和水的圖騰崇拜，真亦龍，幻亦龍，乃至把與自己一樣肉凡胎的王子皇孫奉若神明，仰人鼻息，乞人蔭蔽。大道至簡，正如有歌所唱，從來就沒有什麼「救世主」、也不靠「神仙皇帝」，真正能興雲布雨、潤民濟世的，其實是黎民百姓建設的諸如黔中水利樞紐的形形色色的渡槽、隧洞和溝渠。幹渠如龍，支渠如蛇(小龍)，惟其，才載得來三五人方能合抱的「真龍天子」，龍驤雲起，普降甘霖。

來年，當水源點平寨水庫水閘大開，裸清赤澗的玉龍奔騰而出，沿着渡槽、隧洞、溝渠和管網流進農田、流進工廠、流進萬家時，那，黔中才真是個水納百川，渠舞龍蛇。再來年，才真是個：五穀豐登，人畜興旺！

來年可期。



▲黔中渡槽渠道断面3.5×4.8至3.0×4.2米(寬×深)，滿載清水，恰如一條三五人方能合抱的玉龍。趙惠 攝

▶白雞坡渡槽。黃鋒 攝