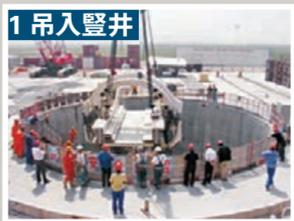




河南作為南水北調中線水源地和受水區，是該線渠道最長、投資最多、用水量最大的省份。河南境內幹渠全長731公里，佔中線全長的57%，概算投資750多億元（人民幣，下同），佔中線概算總投資的56.3%。連最複雜的高地下水、膨脹土（岩）等渠段密集、穿黃隧洞掘進、沙河渡槽預製吊裝等世界級技術難題也都出現在河南。其中「穿黃工程」又稱為「咽喉工程」，讓長江水從滾滾黃河河床底下通過，實現長江與黃河的「握手相擁」。

香港文匯報記者 駱佳 河南報道

隧洞開鑿盾構機組裝



南水北調穿黃工程隧洞施工時的資料照片。



通咽喉 河南開鑿超級隧洞 江水幽幽穿黃河

戰線長要求高 重監管保質量

河南是南水北調工程建設的主戰場，關乎南水北調中線工程通水目標能否如期實現，可以說，河南成，則中線成。然而河南段卻面臨「五大難題」：
一是戰線長。南水北調中線工程在河南境內長達731公里，佔全線的57%，超過了河北和北京段的總長度；
二是開工晚。河南境內黃河以南段工程2011年才破土動工，比其他段開工整整晚了6年；
三是任務重。各種交叉建築物密集，佈置渠首大壩、大型隧洞、渡槽、橋樑、倒虹吸等1,254座，平均每公里1.7座，需正確處理好工程建設與當地民衆的利益關係；
四是難度大。總幹渠穿越焦作主城區以及鄭州、南陽等城市規劃區，涉及利益主體眾多，棘手疑難問題突出；高填方、高地下水、煤礦探空區、膨脹土等渠段相互交織，實施難度大，特別是膨脹土處理等問題都是世界級技術難題；
五是要求高。南水北調工程是利民工程，對工程工期和工程質量要求極高，既要如期完成，又要確保質量，特別是高填方、控制性建築物、跨渠橋樑等更不能出問題。

察巡檢三位一體

河南省水利廳廳長、省南水北調辦公室主任王小平表示，為保障南水北調河南段的順利完工，河南舉全省之力抓工程建設，嚴格督導獎懲，創新機制優勢，持續克難攻堅，攻克了被土工界稱為「癌症」的膨脹土處理、高達20米的高填方、穿越煤礦探空區等重大技術難題，建成了第一次穿越沉積河床的穿黃工程、被稱為亞洲第一頂的穿越焦柳的平頂山西暗渠雙層頂進、總體規模世界第一的沙河渡槽等一系列重大工程奇跡。河南始終保持對工程質量的高壓態勢，建立完善「稽察、巡查、飛行檢測」三位一體質量監管體系，確保工程質量。經過專家對質量評估，南水北調中線工程為優良工程。

王小平說，南水北調中線工程成敗在水質。河南省不惜代價保護水質，在丹江口水庫水源保護區內關停併轉污染企業，積極調整產業結構，使境內丹江口庫區水質始終穩定保持在II類標準。河南省還在總幹渠兩側劃定了3,054.43平方公里的水源保護區，對保護區內新上項目嚴格把關，確保總幹輸水水質。

河南省水利廳廳長、省南水北調辦公室主任王小平說：「與傳統水利工程不同，南水北調工程所涉及的許多軟科學與硬技術是世界級的，是水利學科與多個邊緣學科聯合研究的前沿領域。」

兩隧洞各長4千米

「穿黃工程」（見下示意圖）位於河南省鄭州市黃河上游約30公里處，線路總長19.30公里，主體工程由南、北岸渠道，南岸退水洞，進口建築物，隧洞，出口建築物，北岸防護堤，北岸新、老蟒河交叉工程以及孤柏嘴導管工程等組成。其中最引人矚目、難度最大的是隧洞工程，其單洞長4,250米，包括過河隧洞和邙山隧洞。

40米深豎井施工

2014年9月，南水北調工程中規模最大、單項工期最長、技術含量最高、施工難度最複雜的交叉建築物——「穿黃工程」試水成功，在歷時近10年後，從始至終參與「穿黃工程」建設管理的南水北調中線建管局河南直管局局長助理石惠民終於可以睡



工程人員正在緊張地施工。 余培松攝

個好覺。如何從黃河底下開鑿數千米的隧洞？石惠民說，要靠盾構機。「挖地鐵運用的是土壓平衡盾構機，只考慮土壓力，挖穿黃隧洞屬於泥水平衡，既要考慮土壓力，又要考慮水壓力。地鐵埋深20米左右，穿黃隧洞則達到40米。」

黃河底下複雜的地質情況，讓單價兩億多元的進口盾構機頻頻出現狀況，「盾構機掘進1,700米後，刀盤和刀盤已經嚴重磨損。」石惠民說，當時穿黃工程人員提出希望外國公司修復刀盤，但該公司開出了天價及苛刻的條件——操作工人月薪20萬美元，且不能限制維修期限，加班一分鐘要加幾美元。

挑戰帶壓進艙維修

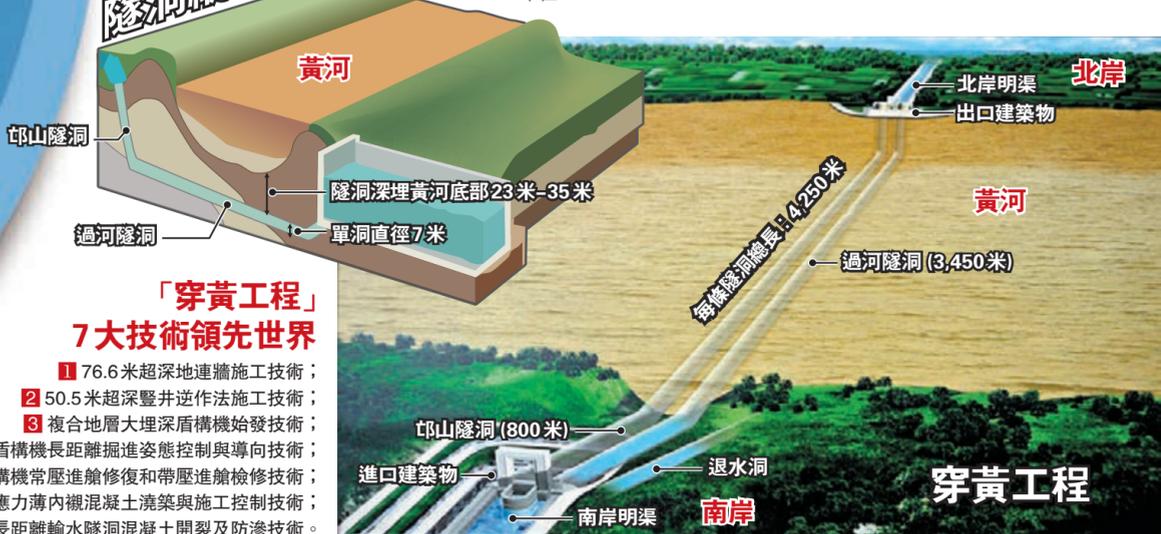
「技術人員相當於要潛到35米深的水裡，帶著壓力進行刀盤修復作業，而當時全國還沒有這樣帶壓進艙經驗的修復人員。」石惠民說，如果這一問題得不到解決，會嚴重影響穿黃工程的工期。

為了掌握這項「高科技」且不受外國公司限制，工程部分派了30名技術精英赴航海大學學習理論知識和維修技術。

石惠民回憶，因修復區域需要注滿高壓空氣，所以修復人員通常連呼吸都困難，說話時聲音變得自己都聽不出來。「在修復空間呆上半小時左右就大汗淋漓、筋疲力盡，回到減壓艙休息3個多小時才能慢慢恢復體力。」

石惠民告訴記者，到目前為止，全國掌握帶壓進艙維修技術的只有曾參與過穿黃工程施工的兩家單位。

隧洞縱切面



「穿黃工程」7大技術領先世界

- 1 76.6米超深地連牆施工技术；
- 2 50.5米超深豎井逆作法施工技术；
- 3 複合地層大埋深盾構機始發技術；
- 4 複合地層盾構機長距離掘進姿態控制與導向技術；
- 5 大埋深盾構機常壓進艙修復和帶壓進艙檢修技術；
- 6 隧洞預應力薄內襯混凝土澆築與施工控制技術；
- 7 長距離輸水隧洞混凝土開裂及防滲技術。

團隊堅守崗位 成就黃河首隧

中國工程院院士、國務院南水北調工程建設委員會專家委員會主任陳厚群曾經說過，很多人都有一種誤解，認為地下結構比地面結構安全。「對在岩石中的結構可以這樣講，但是在土層裡的結構就不一樣了。萬一隧洞內的水滲出去，就會衝向飽和沙層，管子就會局部架空，隨之就會折斷。」

「穿黃工程」是中國第一次採用大直徑隧洞穿越黃河，是第一次採用盾構技術在複合軟地層進行長距離輸水隧洞施工，也是第一次採用泥水平衡盾構機進行水工隧洞的掘進施工，開創了中國水利行業應用泥水平衡盾構機的先例，稱得上是「萬里黃河第一隧」。

噴漿險些淹沒隧洞

在石惠民看來這「萬里黃河第一隧」得來很不容易，建設過程中經常遇到「驚險一刻」。「2007年8月3日，在穿黃工程的大埋深盾構機始發過程中，突然出現了噴漿現象，隧洞及盾構機面臨被淹沒的危險，」石惠民說，在穿黃過程中，任何一個小問題處理不當都會引起大「麻煩」，「經檢查是洞口密封和洞門預埋鋼環的連接螺栓有一顆斷裂，使其連接處產生縫隙，進而泥沙從翻板處漏出。」

「危急險重時很多工程人員都沒有往後退，而是立即衝向噴漿現場，採取加固翻板、聚氨酯注漿、優化大變形縫等措施，與泥漿爭分奪秒，最後終於成功排除危險，保證了盾構機的順利始發。」石惠民感慨道。

工程精度高零死亡

隨着一個個技術難題成功破解，全長4.25公里的穿黃工程兩條隧洞順利完成，上游洞誤差不超過5厘米，下游洞誤差不超過3厘米，盾構精度大大高於誤差不超過10厘米的設計要求。工程未發生一宗人員死亡事故，穿黃隧洞單元工程質量優良率達到95%。

2011年11月3日，國務院南水北調辦公室主任鄂竟平夜視察南水北調河南段工程。 余培松攝