

用400多億建一條跨海大動脈！值嗎？

近日，在伶仃洋水面下三十多米的深中通道海底沉管隧道內，壓路機轟鳴不斷，隧道瀝青路面下面層首件段施工順利完成，標誌著項目全線路面施工轉入衝刺階段。歷時8年建設的深中通道，將於2024年6月具備通車條件。

深中通道全長24公里，集「橋、島、隧、水下互通」於一體，投資約為446.9億元。設計速度為100公里/小時，雙向八車道，是當前世界上綜合建設難度最高的跨海集群工程。

從更高的視角俯瞰，深中通道北距虎門大橋30公里，南距港珠澳大橋31公里，是粵港澳大灣區「A」字形交通主骨架的關鍵「一橫」。2024年建成通車後，中山至深圳車程將從一個半小時縮短至半小時左右，成為連通珠江口兩岸城市群的交通大動脈。

深中通道刷新了多項世界之最：世界最高通航淨空的海中大橋，世界跨徑最大的全離岸海中鋼箱梁懸索橋，世界最高抗風等級鋼箱梁懸索橋，世界最大體量海中錨碇，世界首創雙向八車道鋼殼混凝土沉管隧道，世界上最長、最寬的海底鋼殼混凝土沉管隧道作為「基建狂魔」，中國的建設團隊仍然面臨種種工程挑戰，如何破解多項「全球首次」難題？正式通車後，大灣區「1小時生活圈」是否能加速形成？

「世界首例」背後

從珠江口西岸的馬鞍島登上深中通道，沿著17公里的海上橋樑蜿蜒向東，直達一座菱形人工島，前路突然「消失」。從空中俯瞰，這座如海上風箏一樣的西人工島東側海面，是來往貨船進出深圳港的必經航路，再向東則是深圳寶安國際機場，水域上方，平均每分鐘就有一架飛機起降。

通航需求疊加航空限高，修建海底隧道成了深中通道在西人工島東側海域的唯一選擇。工程建成後，日通車量預計將達到10萬車次，為此，海底隧道採用了雙向8車道的技術標準。港珠澳大橋被譽為現代世界七大工程奇跡之一，而深中通道的沉管隧道比它還寬出兩車道。

「海底隧道寬度增加1/3，頂板受力將增加約70%。」中交公路規劃設計院有限公司



隧道事業部總工程師黃清飛先後參與了港珠澳大橋和深中通道的設計建造。換句話說，同等條件下，隧道寬度增加，其自重和受方面積也隨之增加，更易發生彎曲變形。

由此引發的問題是，在深中通道項目上，港珠澳大橋採用的鋼筋混凝土沉管結構不再適用。黃清飛對解釋說，按傳統結構，鋼筋配置數量非常多，既影響混凝土澆築質量，給後期運營帶來滲漏水等隱患，還會增加自重和體積，給預制管節的運輸和沉放增加了難度。

工程師們決定採用另一種鋼殼混凝土結構。「最大的挑戰是沒有前例可供參照，這意味著風險未知。」黃清飛介紹。所謂沉管，是用混凝土或鋼材建成的巨大中空管節，將其置入海底後連接形成隧道，汽車便可在其中通行。具體到鋼殼混凝土結構，之前只有日本的兩條長約幾百米的隧道用過，而深中通道沉管隧道長達6.8公里，由32個管節及1個最終接頭組成，標準寬度46米，異形管節最寬處55.46米，無疑對沉管承載能力提出了更高的要求。

2017年，深中通道初步設計獲得交通

運輸部批復後，黃清飛曾跟隨團隊到國外調研學習沉管隧道建設，但對方既不讓靠近，也不准許拍照，可借鑒內容極少。公開出版資料可用來參考，但作為設計依據還遠遠不夠。黃清飛回憶，出國調研前，深中通道管理中心已經開始組織產學研聯合攻關。

在一系列關鍵技術清單中，鋼殼混凝土沉管隧道結構的合理構造研究被放在了優先位置。管節在水下完成對接，最終成型尺寸需達到毫米級精度，才能保證結構不漏水等最基本要求。然而，混凝土這種材料在澆築過程中放熱明顯，導致澆築過程中膨脹，澆築結束後收縮。材料本身的特性決定形變幾乎沒辦法消除，而這只是影響沉管尺寸的眾多因素之一。

海底隧道百年壽命的秘訣也藏在改進後的混凝土中。深中通道標準沉管的鋼殼內部被劃分成2255個相互獨立且封閉的隔艙，就像一個放大的「冰格」，特殊結構導致其無法通過振搗方式將混凝土填充密實，一旦產生脫空，將導致不可挽回的後果。

「在封閉隔艙裡實現混凝土填充密實性是世界性難題，設計單位和施工單位此前都沒有經驗，大家就聯合設計。」深中通道管理中心副總工程師陳越記得，當時還做出了兩個1:1模型，僅試驗就用掉幾千噸鋼材，不斷優化結構和材料性能，最終研發出的自密實混凝土無需振搗，在重力作用下，憑借自身優良流動性便能填充鋼殼內部。

長達4年的「產學研用」聯合攻關基本集齊了國內相關領域的頂尖科研力量，組織了近百組模型試驗，對鋼殼混凝土組合結構的受力機理及設計方法進行了系統性試驗研究。最終，鋼殼混凝土沉管隧道設計方法及合理關鍵構造被創造性提出，並形成技術標準，填補了國內技術空白。

大型工程推動技術研發的同時，也要綜合考慮運輸建造等現實成本。黃清飛告訴，儘管鋼殼混凝土結構的用鋼量更高，價格更貴，但整體較傳統構造更輕便，這樣在運輸沉放過程中，航道和基槽可少挖約1500萬立方米淤泥，節省成本，同時節約工期，提高效率。

2018年剛結束港珠澳大橋項目的建設工作，53歲的陳越無縫對接到深中通道項目，當時他最擔心的就是管節浮運問題。首節沉管E1長123.5米、寬46米、高10.6米，僅鋼殼就重達8000多噸，澆築完成後，重量約6萬噸，排水量如同一艘中型航空母艦。僅靠人造設備無法托運，必須借助水的浮力。

「因此，必須在管節結構設計之初就將浮力納入計算，使管節在托運過程中能浮起來，到沉放時還能壓得下去。」陳越強調，這幾乎是在臨界狀態下尋找最優解。從管節預制廠到沉放點要航行近60公里，沿線海水含鹽量、懸浮質密度隨季節更替而變化，對複雜水環境的密度測算工作就持續了一年。

與此同時，項目工程師們發揮想像力，耗時三年製造出超級裝備「一航津安1號」，這是全球首台集沉管浮力和安裝於一體的隧道管節施工專用船。「原來做大型工程，只能有什麼用什麼，現在是需要什麼造什麼，有了足夠經濟實力，才能實現需求引導創新。」陳越說。

依托項目建設，陳越和工程師們更關注的是，如何「攻克行業帶有推廣性的共性關鍵技術難題，形成可在行業內推廣的關鍵技術成果」。雙向8車道海底鋼殼沉管隧道雖然是國內首次應用、國際首次大規模應用，但隨著環保問題越來越受重視，未來如果加入碳排放交易成本，目前造價更高的鋼結構因節能優勢反而有更大發展空間。

「珠江門戶工程」的挑戰

每天早上，深受廣州食客喜愛的脆肉鯪魚從產地中山裝車，發往各地，日均往來深圳的生鮮冷鏈車就有至少20輛。正常路況下，冷鏈車約三小時才能將食材送抵深圳，如遇堵車，還要再耽誤兩小時。現有交通已無法滿足跨珠江口日益增長的客貨運需求。

從地圖上看，珠江口是標準的A字形內灣。長久以來，東西兩岸陸路交通都必須向

北從內灣頂端繞行。北部虎門大橋作為送給「香港回歸」的禮物，如今已經開通24年，日均車流最高曾超過了19萬次，是大橋最初設計日均通行量的兩倍有餘。

包括虎門大橋在內，目前承擔珠江口過江交通的還有黃埔大橋和南沙大橋，2021年的過江交通量日均達到約33萬輛，且每年還在增長。陳越介紹，早在上世紀90年代，高速路網規劃時，就曾有過建設跨海通道直接聯通深中兩地的設想。

2004年，同樣跨越珠江口兩岸的港珠澳大橋建設前期工作先一步開始。「特區與內地的雙向奔赴，需要通過地理位置上的互通帶動各方的交融。」陳越說，港珠澳大橋開通後礙於通關要求，在相距虎門大橋70公里的區域內，現有通道仍不能滿足經濟發展需求。

2008年12月，國務院批復同意實施《珠江三角洲地區改革發展規劃綱要（2008—2020年）》，明確深中通道是重要交通基礎設施項目。只不過，起止點選擇什麼位置、通道採取哪種方案技術，仍是沿岸城市爭奪的焦點。

2015年底，《廣東省深圳至中山跨江通道可行性研究報告》（下文簡稱《工可報告》）獲國家發改委批復，方案一錘定音。路線起自廣州至深圳沿江高速公路機場互通，向西跨越珠江口，在中山馬鞍島登陸，採用「東隧西橋」方案。

「項目的工程方案比選、通航安全影響論證工作被認為是中國交通行業最深入、最徹底的一次。」深中通道管理中心副主任兼總工程師宋神友在《深中通道工程關鍵技術及挑戰》一文中坦言，項目建設條件極為複雜，線位穿越7條航道，其中礮石航道、伶仃西航道是珠江口的出海主航道，通航等級高，這就決定了跨越航道的橋樑淨高及隧道埋深。

尤其是跨越伶仃洋航道的大橋，其通航淨高決定了黃金內灣廣州港造船高度的上限。伶仃洋大橋橋底到航道水面之間究竟該預留多高？經過多方博弈，通航淨高從早期設計的73.5米提升至76.5米。「這一高度經過了國內外知名諮詢單位論證，預留了未來50年的船舶發展趨勢。」深中通道管理中心總工程師劉健曾對媒體說。

為修建這座海上最高懸索橋，主塔將建到270米，相當於從海上拔起一座90層高的樓房。新的問題隨之而來，伶仃洋海域每年風速超過6級的時間超過200天，颱風更是頻發，深中通道橋樑部分如何抗擊強風？

「為解決深中通道伶仃洋大橋在運營期間的抗風安全性和舒適性，中心聯合組織了四所大學進行平行研究。」陳越介紹，根據物理模型和風洞試驗成果，研發了新型氣動控制技術，通過整體鋼箱梁、水平導流板、上下穩定板和高透風率欄杆的組合，將整體鋼箱梁的顫振臨界風速提升至88m/s，可抵禦17級颱風。

「結合東隧西橋的整體設計，伶仃洋大橋的通航淨高不可能持續增加。」黃清飛說，大橋最高點到隧道最低點高差130米左右，符合高速公路最大縱坡的設計規範，但仍可能存在一定風險，「實際運營過程中需要格外注意重型車下坡速度控制等問題」。

2023年11月28日，深中通道主線全線貫通，全長24公里，彙集了超寬海底沉管隧道、超大跨橋樑、海中人工島和海域水下樞紐互通。對這個「綜合技術難度非常之大」的跨海集群工程，宋神友還有更深遠的期待，他撰文梳理深中通道關鍵技術時提到，不只要創珠江口百年門戶工程，還希望通過項目建設新的中國標準，帶動相關產業發展，提升國家競爭力，為交通強國建設等戰略服務。

築島「引鳳」作為翠亨新區第一批落地企業，鴻利達集團進駐馬鞍島時，深中通道正經歷最為激烈的橋隧之爭，項目最終登陸地點還沒確定。

「當時珠江口東岸已經很成熟，西岸正在發展，投資西岸會有更多機會。」鴻利達集團創始人、行政總裁蔡傑杰介紹。1988年，鴻利達在香港成立，主要生產模具和塑料製品，到1993年前後，為配合客戶需要，鴻利達開始進入國內市場，從那時起佈局深圳，由於公司、廠房和員工宿舍比較分散，管理問題越來越複雜，蔡傑杰一直想尋找合適的土地建設新的運營基地。

2013年，深圳提出騰籠換鳥，鴻利達在深圳處境尷尬，蔡傑杰加快尋找步伐。與其他二線城市相比，中山不僅地價合適，生活方式、文化底蘊和区位优势都更符合蔡傑杰的設想，「中山可1小時到達附近5個國際機場，在大灣區很難找到第二個這樣的都市」。

最初考察選址時，馬鞍島部分區域仍屬中山火炬開發區的臨海工業園，按規劃，島上重點發展裝備製造、新能源、新材料和物流業。在蔡傑杰印象中，當時進島的路只有橫門附近的一座橋，島上除了船廠，只有兩家公司，其他地方不是魚塘就是種香蕉的農場。

《達圖爾傳》

第二部《奔騰年代》

但這種政治上的賦權並不能改變他們在經濟上的貧困狀態。因此，我非常贊同西奧剛才說的：沒有經濟發展一切都是空中樓閣。這次大選讓我也考慮了很多，當人們都餓著肚子時，空談什麼民主法治簡直就是笑話。」

「前輩說的是啊！我和彼特爾在山裡打游擊時，大家都餓得要命。要是用民主投票來決定糧食分配，不等日本人打過來，自己人就先幹起來啦！哈哈，哈哈。」

亞歷克斯的一句玩笑，讓每個人都開懷大笑。

第20章 網（第1節）

時間過得飛快，每個人都是一片欣欣向榮的景象中愉快的忙碌著。依琳娜每天在學校上兩個年級的課程自然比一般的學生忙了很多，她計劃明年7月份提交論文畢業。利用週末，偶爾依琳娜也去報社看看。

現在報社的人也都知道，誰是真正的老闆了。

大家也都知道這個年輕的姑娘，能量不可小覷。在她嘻嘻哈哈中，一個名不見經傳的小報轉眼間成為每期銷量穩居菲尼亞報界前五的主流報刊。當然這是一個《週刊》，每週發行一期。但這也足夠讓每個員工引以為傲了，更何況《經濟週刊》這張報紙僅用半年多的時間，就已經成為菲尼亞政治界經濟界、文化界裡的一個流行標誌物。每個人出門時拿著一份《經濟週刊》，這好像才配得上自己文人的氣質。當然，首先是《經濟週刊》的每一期內容都值得研讀。這也從另一個側面反映了菲尼亞從上到下對經濟發展的關注程度。

今天，依琳娜再次來到報社。現在報社的一切事務都已經走上正轨，前幾天也搬進了剛剛裝修好的辦公室。她每次來這裡無非就是散散心，帶上一些精緻的點心、糖果和小吃，和大家一起聊聊天。正經的事情自然有人幫她打理。

今天也不例外，依琳娜穿著漂亮時尚的衣服，揹著她可愛的小包，傭人和司機跟在她的後面，拎著各種各樣的糕點小吃。辦公室裡的編輯、年輕的女孩子都是她的朋友，大家都很期待依琳娜的到訪。每次大家一起聊上一陣子，對每個人來說都是一段快樂的時光。聊天的主題自然是：這些糕點在哪買的？哪個好吃哪個不好吃？味道有什麼特別？依琳娜的衣服是



從哪做的？美國人的生活是什麼樣的？家家都有車是真的嗎？作為普通的辦公室文員和相對富裕的知識分子階層，他們對依琳娜這樣出身豪門或是官宦之家的豪族子弟的生活自然是崇拜而嚮往的。當然大家也想通過聊天窺伺一下他們的生活日常，類似於她的轎車、她的別墅、她的煩心事兒等等。很多事情依琳娜已經講了幾遍了，可那幾個小姑娘還是纏著她要她講。

「南茜，不就是那些雞毛蒜皮的事嘛，就那麼好聽？呵呵。都講了幾遍了，你也聽不夠。乾脆我明天給你辦張報紙，讓你天天抱著看好了。呵呵，呵呵。」

當大家也準備附和著依琳娜一起「呵呵」時，依琳娜的笑聲戛然而止，眼眸中閃爍著靈動的光芒。

「是呀！我們還真的可以再辦一份這樣的刊物啊。《經濟週刊》的稿件來源主要是經濟界的學者和學術界的名流。我們的主要工作就是校對、排版、發行，好像你們的才華沒有充分的發揮呀！呵呵。」

「是呀，是呀！反正人員、辦公場所、設備都是現成的。大不了再聘用幾個采編工作人員。」

「是呀，不過這個刊物不應該以報紙的形式出現，應該是一本雜誌。對，一定要印刷精美含有漂亮的圖片。每週或者半月一期，每期的內容一定都要是精品，內容聚焦在人們的衣食住行方面，推廣介紹包括美國在內的生活方式……。」

老闆，這是個好想法！我想這一定會再一次大火。因為現在國家的發展蒸蒸日上，每個人都憧憬著未來的生活。