

香港文匯報訊（記者 江鑫嫻 北京綜合報道）在22根鋼鐵弧形樑構成的「考古沉箱」的安穩「懷抱」中，中國水下考古發現體量最大、保存最為完整的一艘古代木質帆船——有約150年歷史的「長江口二號」古船於21日凌晨在長江口水域成功實施整體打撈。這套被稱為「弧形樑非接觸式文物整體遷移技術」，結合了多重高新工藝，實現了「打撈物+周邊環境物」「滴水不漏」的目標。用學者的話解釋，「用造隧道的技術來打撈水下沉船，這在全世界水下考古中還是第一次。」

◆「長江口二號」古船打撈現場。
國家文物局供圖



破解技術難點

難點： 渾水環境是中國乃至世界水下考古發展至今極難跨越的瓶頸，長江口江海交匯處水域能見度幾乎為零。

突破： 自主研發「渾水水域水下成像裝置」「機器人水下考古裝備關鍵技術與應用」，綜合運用無人艇、多波束聲納、側掃聲納、淺地層剖面儀和磁力儀等海洋物探設備，開展水下調查。

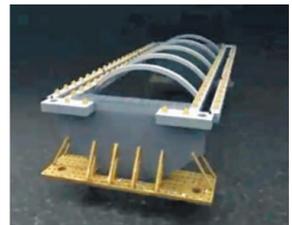
難點： 長江口泥沙含量高且水流速度快，船體較大，傳統的在古船底下人工打洞並在沉船底部貫穿鋼纜的方案危險且不可行。

突破： 世界首創「弧形樑非接觸式文物整體遷移技術」，對古船進行整體打撈遷移，最大程度地保證了古船的完整性和安全性。

難點： 22根弧形樑組成半圓柱體沉箱，把古船及周圍泥沙、海水包裹起來，總重近萬噸，保證沉箱平穩安全提升並順利送至船塢需要設備支持。

突破： 建造出全球首條古船整體打撈專用工程船「奮力輪」，一艘船可以完成提升、運輸、卸載三項任務，具有安全性高、操作性強、科技含量高諸多優點。

整理：香港文匯報記者 江鑫嫻



◆「弧形樑」水下作業模擬圖。
網上圖片

「用造隧道的技術打撈」長江口二號重見天日

連沙帶水「打包」 清代木沉船出水

時間回到2015年，長江口崇明橫沙水域，一艘木質古船通過聲納掃測等技術被發現，考古編號為「長江口二號」。經過7年的水下考古調查勘探，「長江口二號」古船的基本情況已被探明。這是一艘清代同治時期的木質帆船，所在水域水深8—10米，船體埋藏於5.5米深淤泥中，殘長約38.1米、寬約9.9米，已探明有31個艙室。

整體遷移技術世界首創

在長江口這片能見度幾乎為零的江海交匯水域，找尋水下文化遺產猶如大海撈針。考古工作者與科技工作者開展跨界合作、聯合攻關，自主研發了獲得國家專利的「渾水水域水下成像裝置」，開發了獲得上海市科學技術獎二等獎的「機器人水下考古裝備關鍵技術與應用」，綜合運用無人艇、多波束聲納、側掃聲納、淺地層剖面儀和磁力儀等海洋物探設備，對長江口水域開展水下調查。

至於如何打撈，更是困難重重。因為長江口泥沙回淤量大，傳統的在古船底下人工打洞並在沉船底部貫穿鋼纜的方案危險且不可行。

上海市文物局會同交通運輸部上海打撈局，集成當前世界最先進的打撈工藝、技術路線、設備製造，最終研究並形成了世界首創的「弧形樑非接觸式文物整體遷移技術」。該項技術創造性地融合了核電弧形樑加工工藝、隧道盾構掘進工藝、沉管隧道對接工藝，並運用液壓同步提升技術、綜合監控系統等目前全球最為先進的高新技術。

古船泥沙加海水 沉箱重近萬噸

打撈時，以頂進發射機架驅動22根巨型「弧形樑」，在「長江口二號」古船底部形成一個巨大的弧形沉箱，把「長江口二號」古船及其附着的泥沙與水「滴水不漏」地包裹起來，相當於給古船及泥沙加上了鋼鐵外骨架，然後將其整體吊起。

根據公開報道資料顯示，「弧形樑非接觸式文物整體遷移技術」，被稱為「世界第五代打撈技術」。這套為「長江口二號」古船量身定製的打撈方案，將在沉船下的河床裏打入22根全鋼結構的弧形樑，形成一個長51米、寬19米、高9米的弧形沉箱，每根弧形樑及端板與古船體的距離都在2米以上，古船和包裹着它的泥沙、海水將使沉箱的總重量達到近1萬噸。

22根專門製造的弧形樑，頂部是威力強勁的隧道盾構掘進裝置，尾部搭載具備400噸巨大推力的隧道盾構掘進裝置，這個裝置可以從古船底部快速掘進，就像挖掘地鐵隧道一樣，擊穿長江口海底厚厚的泥沙甚至岩石雜物。

保護水下文物原生性和完整性

「用造隧道的技術來打撈水下沉船，這在全世界水下考古中還是第一次。依賴我國的高端製造能力，這樣的高科技方案可以最大限度地保護水下文化遺產的原生性和完整性，保障文物安全。」時任上海市文物局副局長褚曉波在接受當地媒體採訪時這樣說。

打撈裝置的弧形樑的直徑為19米，一根弧形樑重達70噸，發射架重達150噸，對加工技術精度要求極高。按照設計要求，海上作業時，發射架要將弧形樑從它內部頂進河床。這對發射架和弧形樑的同軸度要求極高，精度要求必須達到0.5毫米，如果達不到精度要求，弧形樑就會在發射架內被「卡死」，無法順利頂進作業。

上海電氣核電集團曾多次為上海隧道製造超大直徑的盾構主要部件，技術並不陌生，但製造用於海上作業的弧形樑和發射架還是首次。加工的端板直徑達19米，但立軸車床底盤的直徑只有10米，要在「小托盤」上加工「大傢伙」，這「找正」的要求很高。為了滿足加工件「找正」的要求，他們專門設計製造了重達80噸的工裝，克服了大型回轉工件的機加工難題，圓滿地完成了加工任務。

三維動畫實時觀測打撈狀態

參與本次打撈工作的系統工程師劉雨接受央視採訪時說，因為水底的能見度幾乎為零，因此「長江口二號」古船打撈使用了智慧打撈監控系統，這是全新開發的打撈工程作業系統，它可以通过影像系統看到實時打撈的進度，而且數據非常全面，「比如保護古船打撈的弧形樑的姿態在打撈中會不會發生碰撞等等，都可以監控到。我們通過部署的感知系統，可以用三維動畫的仿真方式看到整個打撈的實時狀態。」

經過77天的海上施工奮戰，這艘古船於21日凌晨成功整體打撈出水。據悉，幾天後，「長江口二號」古船將被「奮力輪」帶入楊浦上海船廠舊址1號船塢，開啟文物保護與考古發掘新階段。



◆「長江口二號」古船21日在長江口水域成功實施整體打撈。圖為11月21日清晨，工作人員進行「長江口二號」古船打撈作業。
新華社

填補清代晚期大型帆船研究空白



◆11月21日清晨，工作人員綁紮固定古船船體。
新華社



◆11月21日清晨拍攝的露出水面的古船船體局部。
新華社



◆古船船體局部
新華社

香港文匯報訊（記者 江鑫嫻 北京報道）國家文物局表示，「長江口二號」古船是中國水下考古又一里程碑式的重大發現，是目前國內乃至世界上發現的體量最大、保存最為完整、船載文物豐富的古代木質沉船之一，填補了中國清代晚期大型帆船研究空白，是彌足珍貴的文化遺產。

「長江口二號」古船也是水下考古工作者在全國水下文物普查期間首次主動發現並進行考古調查的古船，船體的完整性和豐富的船載文物，對中國乃至世界的造船史、航運史、陶瓷史、經濟史等研究具有十分重要的意義。

據介紹，為進一步摸清「長江口二號」古船性質和年代，從2016年開始，國家文物局考古研究中心、上海市文物保護研究中心等國內專業機構，每年對古船進行水下考古調查和多學科研究。

推測是沙船的可能性最大

經過7年的水下考古調查勘探，探明了「長江口二號」古船的基本情況。「長江口二號」古船為木質帆船，船體殘長約38.1米、寬約9.9米，已探明有31個艙室，確認年代為清代同治時期（公元1862-1875年）。古船上部的船艙、纜



◆古船船體局部
新華社

樁、主桅杆、左右舷等結構完整，從目前的勘測情況看，推測為清代上海廣為使用的沙船的可能性最大。

出水綠釉杯為古船斷代提供重要依據

通過選取4個艙室進行的小範圍清理，艙內均發現有碼放整齊的景德鎮窯瓷器等精美文物，已經出水完整或可修復的文物種類多、數量多。另外，在船體及周圍還出了紫砂器、越南產水煙罐、木質水桶殘件、桅杆、大型船材、鐵錘、棕繩、滑輪以及建築材料等大量文物。特別是出水的綠釉杯底書有「同治年製」款，為古船的斷代提供了重要的依據。

2021年和2022年，上海市文物局兩次組織水下考古專業機構對「長江口二號」古船及周圍進行了水下調查，清理出了前幾次調查未發現的元代瓷器和高60厘米完整的豆青釉青花大瓶等大型器物，以及一批來自江蘇宜興陶器。

「長江口二號」古船整體打撈出水後，文物考古工作人員將根據古船考古和文物保護方案，圍繞古船遺址形成過程、建造技術、航線等課題展開全方位研究，最大限度地發掘古船的科學、歷史、藝術、社會和文化價值。

古船打撈QA

Q：為什麼要在晚上10點以後打撈？

A：打撈水底沉船要考慮水文和氣象條件。由於「長江口二號」古船位於長江入海口，水底有大量泥沙沉積，還有強水流，環境比較複雜。11月20日晚上，在時間窗口上是個平潮期，打撈現場的水流非常平穩，為每秒零米，風速為每秒3米，水文和氣象條件都非常適合古船打撈工作。

Q：打撈出水最關鍵的是哪一刻？

A：很多觀眾對「長江口二號」古船整體出水被看見的那一刻十分期盼，但在整個打撈出水過程中，最關鍵的卻是古船被沉箱抱着離開水底的那一刻。

上海打撈局本次古船整體遷移工程項目經理胡建稱，在11月20日晚上22點40分前後，雖然人們在水面上還看不見古船，但古船這時已離開泥底20厘米，這是整個工程最艱難的時刻，也是整個打撈工作中最難的一關。

中國文物學會副會長高蒙河進一步解釋說，從調查中可知，「長江口二號」古船不是浮在河床上，而是埋在淤泥下。水下它不是靜態的，古船長期受海洋潮汐等的作用，可能會發生位移等，也可能被衝散架了，這次水下考古有些器物是在船的周邊發現的，就表示局部可能有那樣的現象。150多年來，「長江口二號」古船一直處在這樣一個微環境中，我們打撈離底，就是讓它離開了150多年來的微環境，是一個大的變動，所以我們要用22根弧形樑把它包起來，離開它原來的生態系統，因此離開的那一刻，現場人員都感覺很緊張。

來源：央視網
整理：香港文匯報記者 江鑫嫻