

全球首次網系捕獲 為載人登月提供支持 料年底前複用飛行

# 海上「織網」精準對接 中國運載火箭成功回收



## 點讚中國

7月10日，長征十號乙運載火箭（下稱「長十乙」）在海南商業航

天發射場發射升空，成功將衛星送入預定軌道，火箭一子級在海上回收平台通過網系捕獲方式成功回收，任務取得圓滿成功。此次任務是中國首次成功實施運載火箭一子級可控回收，也是全球首次實現運載火箭海上網系回收。

●文：香港文匯報記者 劉凝哲 海南文昌報道 圖：中新社、新華社、央視截圖

據介紹，長征十號乙運載火箭一子級沿用長征十號甲運載火箭一子級狀態，積累可靠性數據樣本為未來載人登月任務提供支持。後續，長征十號乙運載火箭研製團隊將持續優化火箭性能，加快重複使用火箭技術的迭代升級，預計將在今年年底前完成一子級火箭複用飛行。

長十乙由中國航天科技集團有限公司所屬中國運載火箭技術研究院（下稱：火箭院）抓總研製，為5米直徑兩級串聯構型大型液體運載火箭，全箭起飛推力約890噸，起飛重量約760噸，首飛箭全箭長度約63米，重複使用狀態下近地軌道運載能力16噸，可滿足低軌衛星互聯網星座部署、大型商業衛星發射等各類任務需求，複用狀態下可大幅降低發射成本，具有大運力、高性能的優勢。

談及長十乙火箭在研製過程中面臨的最大技術挑戰，火箭院專家在接受香港文匯報採訪時表示，該型火箭研製周期較短，需在有限時間內完成多項關鍵技術攻關。此外，二子級甲烷發動機的性能驗證、貯箱的輕量化設計與結構強度保障、轉運車的精準轉運控制等技術均為研發難點，而這些技術的突破直接決定火箭的性能與可靠性。

### 6分鐘完成從分離到回收

此次首飛任務，是繼今年2月11日長征十號系列運載火箭低空演習驗證飛行試驗任務成功實現海上澱落回收後，對重複使用火箭回收技術進行的一次完全真實飛行剖面下全面驗證。

長征十號乙運載火箭發射升空後，一子級完成加速飛行後與二子級分離，而後進入「返程之旅」——滑翔調姿，像體操運動員在空中完成姿態調整；動力減速，發動機再次點火「踩剎車」；氣動減速，火箭依靠氣動阻力減速飛行；最後精準著陸，創新性地採用全球首款「井」字形高強度緩衝攔阻網系，配合箭上掛索機構實現箭體捕獲。

從分離到回收，一子級在約6分鐘內完成這套極限「空中體操」，實現「控得住」「回得準」「落得穩」「接得住」。

### 難如「百層高樓投筆入筒」

當前世界主流火箭回收模式是垂直起降，火箭「長腿」站立。而長征十號乙另闢蹊徑——火箭直接飛進一張海上大網裏，被溫柔地「抱住」。

「網系回收有利於簡化箭上結構，減輕箭體重量，增加運載能力；對落點偏差的適應能力強，可通過網系協同「放大」捕獲窗口。」中國航天科技集團陳牧野說。

2025年11月，中國運載火箭技術研究院研製交付了首艘火箭網系回收海上平台——「領航者」號。

網系回收絕不是簡單的「張網以待」。火箭與回收船，在大海的風浪擾動下完成高動態「對接」。這個過程有多難？一艘2.5萬噸的船在海面上晃着，一枚從100多公里高空飛回來的火箭在調整姿態，兩者要在動態中完成精準對接。中國航天科技集團郝金傑接受央視採訪時打了一個比方，這就好比站在一個百層的高樓上，讓一支圓珠筆精準地落在放在地面上的筆筒裏，而且過程中，圓珠筆還得保持姿態和速度的可控。

### 網系系統拓寬落點容錯窗口

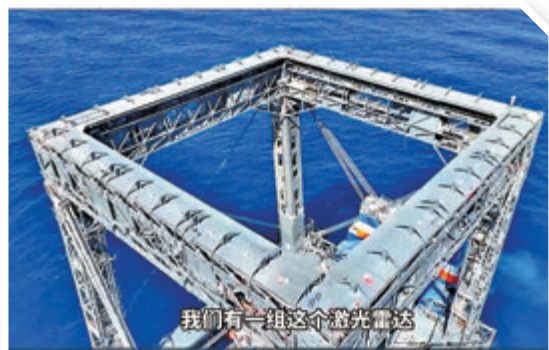
相比全球通用着陸腿回收模式，網系回收優勢十分突出。它省去笨重着陸支腿，大幅減輕箭體結構重量，提升運載能力；網系系統拓寬落點容錯窗口，降低末端姿態控制難度；整套設備可系列化適配不同尺寸火箭，通用性更強。整套技術核心邏輯是「讓平台適配火箭」，而非火箭單方面適配着陸場地，大幅降低箭體設計與發動機調控難度。



掃碼睇片



●發射任務成功後海南商業航天發射場的測控大廳顯示「紅屏」。



●入網時，塔架四角有激光雷達，會實時監測火箭狀態，控制繩索運動。



和它下落整個所帶來的势能



## 網系回收四環節 箭船協同適配強

專家介紹，整套回收流程分為歸航、入網、捕獲、穩固四大環節，堪稱一場海上高精度「雙向奔赴」。相比全球通用着陸腿回收模式，網系回收優勢十分突出。它省去笨重着陸支腿，大幅減輕箭體結構重量，提升運載能力。此外，整套設備可系列化適配不同尺寸火箭，通用性更強。整套技術核心邏輯是「讓平台適配火箭」，而非火箭單方面適配着陸場地，大幅降低箭體設計與發動機調控難度。

### 歸航

為保證精準入網，長十乙火箭安裝了導航與定位裝置。箭上控制系統根據相對網系的位置信息，控制火箭向網系中心點飛行。

### 入網

火箭到達網系上空後，網系裝置驅動繩索，對箭體進行接駁。它會實時監測火箭狀態，控制繩索運動。火箭和地面網系像在進行一場精準的「雙向奔赴」，兩者協同配合，實現火箭精準入網。

### 穩固

受海浪、海風等環境影響，火箭可能會在網系平台內晃動。捕獲火箭後，回收系統還需進一步固定箭體。輔助穩固繩索會從四周對箭體進行初步固定；之後，自動鎖緊平台移動至箭體下方，完成抱夾鎖緊。

整理：香港文匯報記者 劉凝哲

## 話你知

### 可重複使用火箭 主流回收方式

一子級垂直反推 + 着陸腿自着陸  
回收方式：  
陸地着陸場 / 海上無人回收船  
代表型號：  
SpaceX獵鷹九號

一子級垂直反推 + 發射塔機械臂空中捕獲（筷子式）

回收方式：  
無着陸腿，助推器返回至發射工位上空懸停，發射塔巨型機械臂「筷子」夾住箭體回收銷，直接落回發射台  
代表型號：  
SpaceX星艦

整理：  
香港文匯報記者 劉凝哲

## 灣區智造「領航者」接火箭穩如泰山

香港文匯報訊（記者 方俊明 廣州報道）長征十號乙運載火箭10日成功實現一子級可控回收，被海上平台「領航者」穩穩接住。「領航者」總設計師、中船廣船國際副總工程師何光偉難掩心中的激動，第一時間在公司微信群裏分享這一振奮人心的消息：「我們的回收船穩如泰山！」據中船廣船國際10日介紹，在廣州建設、交付的「領航者」是中國首艘火箭網系回收海上平台。項目團隊在建設過程中克服了技術集成高度複雜等多重挑戰，成功突破一系列關鍵技

術難題。

### 項目團隊破關鍵技術難題

中船廣船國際透露，「領航者」是中船廣船國際聯合中國科學院深海科學與工程研究所，為中國運載火箭技術研究院改建的中國首艘火箭網系回收海上平台。該平台自2024年9月全面啟動驗證工作，同年12月完成方案設計；去年4月在廣州開工，同年11月命名交付。期間，項目團隊克服了技術集成高度複雜、建設工期極度緊張等

多重挑戰，順利突破一系列關鍵技術難題。

### 高聳桁架結構 設計難度大

數據顯示，「領航者」平台長144米，寬50米（外廓），吃水5.5米，滿載排水量2.5萬噸，具有DP2動力定位能力。中船廣船國際表示，「領航者」的設計建造具有諸多難點，由於平台與火箭着陸時的位置姿態要高度協同，因而橫搖、縱搖及艏搖等普通船舶設計時不太被關注的指標，卻對「領航者」有着更高要

求。同時，該平台的動力定位系統定位精度，也需滿足各個浪向下的指標要求，普通船舶在實現動力定位時只考核迎浪（艏向角180度）狀態的定位能力，而該平台需要考慮60度甚至90度時的定位精度。

中船廣船國際還指出，在船體結構設計上，普通船舶通常主要考慮載荷在甲板面均勻分布，但網系回收海上平台是通過四組大支座固定在甲板上，載荷高度集中，這就給船體結構設計帶來很大挑戰。同時，網系回收系統是高聳桁架結構，質量大、重心高，給船舶穩性設計也帶來很大困難，需要在設計之初就開展各種海況下的載荷分析、風洞實驗、外廓飄台設計等。