

# 攻克液氧甲烷動力難題 驗證載人火箭核心技術

# 長十「三胞胎」 構建中國航天運輸新體系

## 長十乙火箭首飛 六大關鍵技術矚目

### 大尺寸箭體整體水平轉運起豎技術：

● 該技術簡化了發射場總裝流程，減少垂直總裝的空間與設備依賴，提升發射效率

### 新研大推力液氧甲烷發動機：

● 液氧甲烷推進劑具有環保、重複使用性強、比沖高等優勢，是新一代運載火箭的核心動力選擇

### 液氧甲烷發動機增壓技術：

● 解決甲烷推進劑在低溫環境下的穩定輸送問題，保障發動機可靠工作

### 返回段推進劑管理及增壓技術：

● 確保回收過程中推進劑的精準控制，支撐箭體姿態調整與動力減速

### 級間氣體驅沖分離技術：

● 通過氣體驅沖實現箭體級間平穩分離，避免機械分離帶來的結構衝擊

### 海上平台網繫捕獲回收技術：

● 國內首次驗證該技術，突破陸地回收場地限制，為重複使用火箭提供靈活的回收方案

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

## 海上平台網繫回收特點

海上平台網繫捕獲回收技術為國內首次工程化應用，該項技術是基於我國火箭技術特點自主研發的技術路線，以「簡化箭上，箭地協同」設計理念。突破大型運載火箭箭地協同柔性網繫回收、大尺寸海上網繫回收平台設計與製造、高動態相對導航定位等關鍵技術，增強回收火箭着陸偏差適應性、提高故障容錯率，顯著提升了重複使用火箭的效率，為重複使用火箭提供了更靈活的回收方案。



▲ 民眾在海南商業航天發射場觀看長征十號乙運載火箭發射。 新華社

大公報記者劉凝哲整理

## 航天重器

7月10日

長征十號乙運載火箭在海南商業航天發射場成功發射並完成回收，實現了我國重複使用火箭技術的重大突破，標誌着中國運載火箭正式邁入可重複使用發展新階段。同時，既驗證了載人火箭核心技術，又攻克了液氧甲烷動力關鍵難題。很多人不知道，此次立功的長十乙火箭，屬於長征十號系列「三胞胎」家族，三型火箭分工明確、各有所長，共同構建起我國全新的航天運輸體系。

大公報記者 劉凝哲文昌報道

首先是家族中的主力擔當——長征十號甲火箭。它是我國新一代近地載人專用火箭，更是長征二號F、長征七號火箭的集成升級版。不同於傳統火箭，長十甲採用無毒無污染的液氧煤油推進劑，搭配5米直徑兩級構型，發射效率更高、運載能力更強、安全性更優。未來，它將專職承擔近地軌道載人、載貨任務，成為航天员往返空間站的「生命之梯」。更關鍵的是，其一子級採用重複使用設計，是我國火箭回收技術的「開路先鋒」，全力突破核心技術瓶頸，徹底打破一次性火箭的技術局限。

### 長十乙適配高頻次商業發射

其次是技術攻堅能手——長征十號乙火箭。它是銜接長十甲與後續新型火箭的關鍵過渡型號，核心架構依託長十甲可回收一子級，搭配全新研製的液氧甲烷二子級打造而成。和專注國家載人重大工程的長十甲不同，長十乙精準瞄準商業航天市場，運載能力更強、任務適應性更廣。在發射模式上，它摒棄了載人火箭複雜的「三垂」測發模式，採用高效便捷的「三平」測發模式，大幅縮短工位佔用時間，完美適配商業航天高頻次發射需求，同時還能為載人火箭積累寶貴飛行數據，提升航天任務整體可靠性。

### 全液氧甲烷火箭低成本易維護

最後是未來商業主力——長征十號丙火箭。目前該火箭正加緊研製，是百分百適配商業化場景的新型火箭。它採用全液氧甲烷動力方案，沿用5米直徑構型和「三平」測發模式，從設計之初就鎖定低成本、高頻次、易維護的商業核心需求，未來將全面扛起我國商業航天發射的主力重任，推動航天產業規模化、產業化發展。

值得一提的是，長征十號「三胞胎」採用模塊化、系列化先進設計，統一5米直徑構型，搭配成熟煤油發動機與新型甲烷發動機，實現了零部件、生產工藝、發射保障的高度複用，大幅提升火箭研製和發射效率。專家表示，此次長十乙發射回收圓滿成功，有着里程碑式的意義，既驗證了載人火箭核心技術，又攻克了液氧甲烷動力關鍵難題，為後續新型火箭研製築牢根基。未來，長征十號三型火箭將協同發力，持續提升我國航天運輸能力，助力中國航天向更遠深空穩步邁進。

## 總裝測試轉運 火箭「全程躺平」藏玄機

### 全新路徑

長征十號乙運載火箭首飛任務圓滿成功。支撐火箭高效測發、快速升空的核心裝備——三平起豎轉運裝置全新亮相，依託這套設備落地的「三平」測發新方式，打破傳統「三垂」模式局限，為我國5米級大型液體火箭高密度、快速響應發射開闢全新路徑。

### 抵達發射區再豎起 高效省時

長期以來，我國主流火箭多採用「三垂」測發模式，即火箭在總裝測試廠房內進行垂直總裝、垂直狀態測試，隨後以垂直姿態轉移至發射塔架。這種模式狀態一致性好、可靠性極高，但測發周期較長，對發射場基礎設施的要求也極為嚴苛。為了適應未來商業航天高密度、快速響應的發射需求，長征十號乙創新採用三平測發模式：水平總裝、水平測試、水平轉運，火箭全程「躺平」完成前期全部工序，抵達發射區後再統一豎起升空，大幅壓縮發射區佔用時長，適配快速發射任務。

據介紹，承擔整套流程重任的三平起豎轉運裝置，由火箭院北京航天發射技術研究所自主研發，是國內適配5米級火箭的最大規模起豎轉運裝備，總長約

70米。它集成承載、轉運、同步起豎、發射支撐多重功能，可替代傳統三垂模式所需活動發射平台、勤務塔與複雜加注管路，具備集成度高、造價更低、射後快速恢復等突出優勢，是長十乙實現快速響應發射的專屬「移動座駕」。

這套裝備看似龐大，卻做到「身輕力大、穩擊重箭」。未加注推進劑的長十乙火箭自重約80噸，裝置依靠大尺度高剛度輕質化結構設計，優化桁架與管路布局，以輕量化結構平穩完成火箭平躺轉運、勻速起豎。底部三台品字形排布自行車軸線車額定載荷1080噸，重載下轉向、對接精度控制在5毫米以內，實現千噸級載重毫米級精準對位，如同重載車輛完成高精度「倒車入

庫」，保障火箭平穩就位。

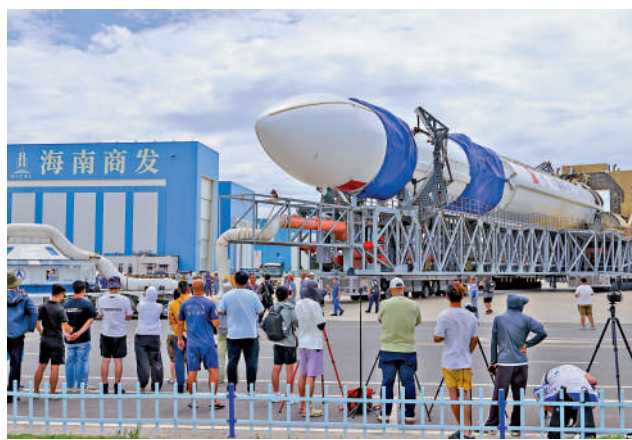
### 快速檢修設備 支撐重複使用

火箭點火瞬間的「零秒核心技術」，是裝置安全發射的關鍵保障。設備搭載零秒快速率釋放、零秒脫落加注連接器兩大獨創技術。起豎階段，4組自鎖抱箭機構牢牢鎖固箭體，可抵禦15至20米每秒大風；點火一剎那，抱箭機構同步解鎖，裝置快速後倒讓出起飛通道，加注連接器同步分離，一氣呵成完成「脫、放、倒」整套動作，適配長十乙液氧甲烷推進劑加注需求，全方位保障發射安全。

專家介紹，相較於傳統三垂模式，三平方案優勢顯著：無需建造超高垂直總裝廠房，大幅降低發射場基建投入；火箭絕大多數測試、裝配工作在技術區水平完成，發射工位流轉效率大幅提升；整套設備可快速檢修復用，支撐高密度組網發射。

此次三平起豎轉運裝置伴隨長十乙首飛成功，標誌着我國全面掌握5米直徑火箭三平模式全套地面支撐技術。未來，這套高效低成本的測發體系，將持續支撐商業航天常態化發射，為我國構建低成本、快響應、可持續的太空運輸體系築牢根基。

大公報記者劉凝哲



▲ 7月6日，長征十號乙運載火箭由總裝測試廠房轉運至海南商業航天發射場發射工位，吸引民眾觀看。 中新社

## 中國獨門絕技 改寫世界火箭回收格局

### 記者手記

海南商業航天發射場，位於文昌市東郊鎮。記者曾多次採訪文昌衛星發射中心，但來到海南商業航天發射場還是第一次。這裏的發射塔架不斷拔地而起，衛星工廠、火箭車間建設如火如荼。除了椰林海風，還能感受到這裏有種生機勃勃的力量。

這次採訪長征十號乙運載火箭發射的感受與以往有很多不同。比如採訪載人航天任務，最強烈的感受是米秒不差和百分百安全，每一次升空都是千錘百煉的嚴謹，承載着為國巡天的使命擔當；採訪探月工程，則有很多學者討論月球演化

等科學問題，滿足仰望深空、求索寰宇的科研浪漫。而此次親歷長征十號乙發射任務，於記者而言，更像是一場打破常規、突破想像的科幻創新之旅，讓記者真切窺見了中國商業航天獨有的突破力量與全新可能。

縱觀全球商業航天賽道，主技術路徑固化多年。長征十號乙走出了一條完全屬於中國的創新新路，全球首創海上網繫回收技術，改寫了世界火箭回收的固有格局。這份獨樹一幟的創新，兼具巧思與實力的技術突破，為大型運載火箭重複使用提供了全新中國方案。

如果說傳統航天是穩紮穩打的堅守，那麼以

長征十號乙為代表的中國商業航天，便是敢闖敢試的創新。沒有墨守成規的思維桎梏，沒有照搬復刻的技術慣性，年輕的研製團隊敢於跳出國際固有範式，以自主創新破解行業痛點，用全新技術路徑打破海外技術壟斷，淋漓盡致展現了商業航天獨有的靈活活力、開拓勇氣與創新底氣。

在文昌這片椰林海岸之上，塔吊林立、新機勃發，每一次發射都是一次突破，每一項創新都是一次成長。以長十乙為起點，中國商業航天的創新賽道已然全面鋪開，屬於中國商業火箭高速發展、逐夢星海的全新曙光，正冉冉升起、照亮蒼穹。

大公報記者劉凝哲

## 灣區製造 網繫回收船全球首創

### 克服挑戰

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奋人心的消息：「我們的回收船穩如泰山！」據中船廣船國際介紹，在廣州建設、交付的「領航者」是中國首艘火箭網繫回收海上平台。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。

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繫回收海上平台。該平台自2024年9月全面啟動

論證工作，同年12月完成方案設計；去年4月在廣州開工，同年12月命名交付。

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，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，但網繫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，網繫回收系統是高聳桁架結構，質量大、重心高，給船舶穩定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。

大公報記者方俊明



▲ 海上回收平台「領航者」建成後，離開中船廣船國際造船碼頭。 受訪者供圖