



●朱雀三號遙二運載火箭採用不銹鋼作為箭體主結構材料，一子級配備九台天鵝-12A液氧甲烷發動機。受訪者供圖

中國首實現火箭陸地回收

朱雀三號一子級成功「腿著陸」 全球領先掌握海陸兩種回收技術

朱雀三號重複使用液氧甲烷運載火箭（型號：ZQ-3）是藍箭航天面向大型星座組網任務，自主研製的一款大推力、低成本、可重複使用的大型液體運載火箭。朱雀三號總指揮戴政說，本次任務同時在軌驗證多項創新技術，標誌朱雀三號正式由技術驗證階段邁入工程應用階段。

火箭返回落地如「停車入庫」

區別於傳統鋁合金箭體火箭，朱雀三號採用不銹鋼箭體結構，建成國內首個經過入軌飛行驗證的大直徑不銹鋼貯箱體系，走出一條低成本、便於多次複用的國產化技術路線。不銹鋼原材料成本僅為鋁合金的五分之一，材料利用率可達80%，生產效率優勢突出；同時材質耐高、低溫，損傷後易於檢修修復，契合火箭多次回收複用的運維特點。

戴政介紹，不銹鋼搭配液氧甲烷動力的方案，綜合考量國內工業配套條件、成本控制目標以及商業化運營需求，是務實可行的技術選擇。火箭一子級配備9台天鵝-12A液氧甲烷發動機，完成國內首次九機並聯動力系統入軌飛行，最大起飛

推力7,542千牛，能夠實現40%-110%寬域推力調節與多次點火啟動。液氧甲烷燃料不易積碳、便於檢修的特性，能夠顯著降低發動機多次複用成本，為規模化商業發射奠定動力基礎。

高空高速狀態下實現定點著陸，控制難度極高。戴政比喻，火箭返回落地好比太空精準「停車入庫」，容錯空間極小。團隊通過持續優化動力方案與飛控邏輯，順利解決遙一暴露的著陸環節故障，充分驗證整套回收系統穩定可靠。

擬半年內複飛 遠期目標破10次複用

「一次成功回收，只是複用工程的上半場。」戴政表示，本次精準落地驗證了陸地回收整套體系的可行性，接下來團隊將快速開展箭體全面檢測、故障排查、部件複檢工作，計劃半年內開展本次回收箭體的複飛試驗，最終時間安排將依據箭體檢測評估結果確定，真正打通火箭「回收—修復—複飛」完整商業閉環，實現一子級循環周轉、重複利用。

戴政坦言，目前國內運載火箭領域尚無成熟的複用標準、檢修流程和零部件更換規範，行業整體處於探索階段。據了解，研製團隊將依託本次

半個足球場內精準著陸 助商業航天「航班化」

特稿

相較於傳統火箭回收動輒需要大面積場地、複雜配套設施的短板，朱雀三號走出一條輕量化、低成本、高靈活的陸地回收路徑，僅依靠60米×60米小型標準化場坪即可精準著陸，大約相當於半個標準足球場，是國內入軌級可複用火箭中場地適配性最優的技術方案之一。

這套集約式回收體系最大優勢在於低門檻、可複製、易擴容。無需大規模土建工程、不受海域氣象制約、運維成本更低，未來可根據發射任務

需求靈活布局多點回收陣地，徹底打破傳統航天發射場地受限、調度僵化的瓶頸，為高密度、常態化發射預留充足發展空間。

戴政表示，遙二任務針對性升級二級發動機噴管，大幅提升發動機工作效率與整體運載冗余，讓火箭載荷適配性大幅拓寬。優化後的火箭不再局限於單一組網任務，可兼容商用遠感、科研試驗、技術驗證、小型組網衛星等多元載荷，拼車發射、專屬發射場景全覆蓋，商業適配性大幅提升。

回收箭體的真實飛行數據，疊加地面壽命試驗、疲勞試驗數據積累，逐步搭建專屬朱雀三號的複用評估體系，填補民營可複用火箭行業標準空白。

按照迭代規劃，研製團隊計劃半年內完成本次回收箭體複飛試驗，最終視箭體檢修評估結果確定實施節點，驗證複用可靠性。朱雀三號一子級初期可實現2至3次複用，通過持續技術優化，後續將逐步提升至4至5次，遠期目標突破10次以上。

追上SpaceX還需兩三年

回望全球，馬斯克旗下SpaceX憑藉獵鷹9號火箭，長期壟斷商用火箭垂直回收技術。過往業界普遍認為，垂直陸地回收技術門檻極高。隨著朱雀三號試驗取得成功，代表中國商業航天在可重複使用火箭領域，正逐步貼近國際先進水平，打破海外技術領先的局面。藍箭航天副總裁劉建接受香港文匯報記者訪問時坦言，目前距離國外頂尖水平還有距離。在國家政策的支持下，要追上馬斯克的Space X，還需要大約兩三年時間。

小場地落地、多載荷兼容、可循環複用的組合優勢，形成了獨特的商業化競爭力。隨著後續複用標準建立、複飛試驗落地，朱雀三號將實現箭體快速周轉、高頻次迭代發射，擺脫傳統火箭「一發一造、一發一廢」的低效模式。

業內評價，該技術路線高度貼合我國內陸商業航天發射布局特點，以極小的地面資源投入，撬動高頻次、低成本太空運力，為國內商業航天「航班化」運營提供成熟、可落地的國產解決方案。

調整降落姿態

實施返回制動，持續調整姿態向着陸場降落。

著陸支腿逐步展開

下降過程中，著陸支腿逐步展開，為落地緩衝作好準備。

開啟減速動力

開啟減速動力，持續修正姿態，準備實施定點著陸。

點讚中國

東風商業航天創新試驗區的清晨，戈壁長風掠過發射工位，銀白色不銹鋼箭體靜靜矗立。箭體外壁因推進劑低溫凝結起一層薄霧，測控大廳內，上百名工作人員緊盯屏幕上不斷跳動的參數。由民營火箭公司藍箭航天自主研製的「朱雀三號遙二」蓄勢待發。7時35分，倒計時歸零，巨大轟鳴聲在戈壁間迴蕩，重達570噸的火箭直衝雲霄。

起飛137秒，一二級按時分離。二級攜鴻鵠03星繼續奔赴預定軌道，一子級隨即開啟返回程序：高空調姿、再入大氣層、多次動力減速，柵格舵持續調整飛行姿態，箭體穿越灼熱的氣動環境，向着數百公里外的民勤回收場飛行，最終平穩落地。

這是中國首次實現入軌級運載火箭陸地回收，我國也成為全球首個掌握海上網系回收、陸上著陸腿回收兩種火箭回收技術路線的國家。



掃碼睇片

●文：香港文匯報記者

焦紅瑞、于海江、馬曉芳 報道

圖：視頻截圖

十年磨礪一箭 四度突破瓶頸

從成立至今，藍箭航天用11年時間實現火箭陸地回收目標，其間公開報道有4次遭遇試驗失敗。科研團隊仔細分析原因，最終攻克難關。

2015年6月

►藍箭航天在北京正式成立，是國內最早布局商業運載火箭研發的民營企業之一，確立液氧甲烷液體火箭核心技术路線。

2018年10月27日

►朱雀一號固體運載火箭於酒泉衛星發射中心實施首飛，是國內民營火箭首次執行入軌發射任務；最終三級姿控異常未能入軌，完成發射全流程驗證。同年發布朱雀二號液體火箭型號。

2019年

►自研80噸級天鵝（TQ-12）液氧甲烷發動機完成全系統熱試車，標誌國內民營大推力液體發動機關鍵技術實現突破。

2022年12月14日

►朱雀二號遙一在酒泉首飛，一級、二級主機工作正常，二級游機故障，任務失利，為後續迭代積累實測數據。

2023年7月12日

►朱雀二號遙二發射圓滿成功，成為全球首枚成功入軌的液氧甲烷運載火箭，具有行業里程碑意義。

2023年12月

►藍箭航天正式對外發布朱雀三號可重複使用運載火箭總體方案，明確採用不銹鋼箭體、著陸腿式垂直回收路線。

2024年9月

►朱雀三號VTVL-1垂直起降試驗箭完成十公里級回收飛行試驗，為入軌級回收工程驗證打下基礎。

2025年8月15日

►朱雀二號改進型遙三入軌任務失利，二級伺服電母線異常、姿態失穩，箭上安控系统實施自毀。

2025年12月3日

►朱雀三號遙一首飛，火箭順利將載荷送入預定軌道；一子級返回著陸階段工況異常，回收未取得成功。

2026年7月

►朱雀三號遙二完成任務前靜態點火試驗，研製團隊依據遙一飛行數據完成著陸系統全面優化迭代。

2026年8月19日

►朱雀三號遙二飛行試驗圓滿成功，完成國內入軌級火箭該技術路線首次成功回收。

整理：香港文匯報記者 于海江

嫦娥七號七夕轉運至發射區 將赴月球南極

香港文匯報訊（記者 劉凝哲 北京報道）8月19日，正值中國傳統浪漫七夕，承載着國人探月夢想的嫦娥七號進入發射前最後準備期。官方宣布，8月19日上午，長征五號遙十四運載火箭和嫦娥七號探測器在中國文昌航天發射場完成技術區相關工作，器箭組合體已垂直轉運至發射區。目前，發射場設施設備狀態良好，後續將按計劃開展發射前各項功能檢查、聯合測試、推進劑加注等工作，計劃近日擇機實施發射。

19日早上8時，由嫦娥七號探測器和長征五號遙十四運載火箭組成的器箭組合體，在活動發射平台的托舉下，駛出了總裝測試廠房的大門，經過2個多小時的平穩運行，嫦娥七號器箭組合體進入發射塔架。

按照規劃，嫦娥七號將奔赴月球南極開展綜合探測。在工程層面，嫦娥七號將突破多項關鍵技術，包括高精度月面軟著陸、月面腿式行走、月面飛躍、永久陰影坑原位探測，採用軌道器、著陸器、巡視器、飛躍器+中繼衛星組合，實現「繞、落、巡、飛躍」一體化探測模式等。

搭載多國合作載荷

嫦娥七號奔赴的目的地——月球南極，分布大量永久陰影坑，坑內常年不見陽光，極低溫環境下，有可能保存數十億年的水冰資源，這是未來月球駐留的寶貴資源，也是本次探測的重中之重。

在科學探測目標方面，嫦娥七號將探測月表環

境、月壤水冰與揮發組分；開展月球南極形貌、物質成分、地質構造高精度探測；探測月殼淺層結構、月震、磁場、熱特性、空間環境；開展月基天文觀測，同時搭載多國合作載荷，推進月球探測國際合作。

嫦娥七號獲取的月球南極第一手數據，將為嫦娥八號建設國際月球科研站基本型提供關鍵科學支撐。嫦娥八號還將與嫦娥七號協同，完成關鍵技術驗證，共同構建月球科研站基本型，開展多維度科學實驗與國際合作，為未來人類長期駐留月球築牢基礎。

長五火箭護送 無懼極端天氣

值得一提的是，運送嫦娥七號前往月球的長征



●8月19日，嫦娥七號探測器和長征五號遙十四運載火箭器箭組合體在垂直轉運中。新華社

五號運載火箭，是繼2020年11月、2024年5月分別發射嫦娥五號探測器、嫦娥六號探測器後，再次護送「嫦娥」奔月。長五火箭具備在中雨中轉運和發射的能力。火箭進入發射區之後經過一系列測發流程的優化調整，可以更靈活有效應對海南多發極端天氣帶來的風險。