

「現在想想，當時膽子確實挺大的，但從一開始我們三個人就沒有絲毫懷疑。」三個人，一個70平方米的單間，張昌武攜手兩位資深航天人，創立了藍箭航天空間科技股份有限公司（以下簡稱「藍箭航天」），那一年是2015年。就在2014年11月，國務院第60號令第24條明確提到：鼓勵民間資本參與國家空間基礎設施建設。中國的民營航天在政策層面上破冰。2015年因此成為中國民營航天元年，一批民營航天公司應運而生。

就在近期，由藍箭航天自主研發的運載火箭「朱雀二號」在酒泉衛星發射場擇期發射。

◆香港文匯報記者 凱雷、于海江 北京、黑龍江報道

作為第一批「吃螃蟹」的民企，七年來，這家聚焦於中小型商業航天應用市場的企業摸索前進，尤其在被譽為火箭「心臟」的發動機研發上不斷取得突破。「民營航天本身也是中國航天一分子，並不能純粹從商業和市場角度去考慮企業的發展和定位，我們更關注行業本身的技術意義和是否能夠取得技術突破。」在張昌武看來，民營火箭公司要選擇差異化的技術路線，立足於技術創新、模式創新、核心技術自主可控，取得突破，而不是複製國家隊已經取得的成果。

### 自主掌控核心技術破製造難題

張昌武畢業於清華大學，曾就職於滙豐銀行和西班牙桑坦德銀行，主要從事汽車金融等領域，其間接觸並對商業火箭領域有了了解。2015年，藍箭航天正式成立，主要從事研製具有自主知識產權的液體燃料火箭發動機及商業運載火箭。

創始人張昌武去見投資人，被問到最多的3個問題是——「火箭能不能造出來？」「國家讓不讓發射？」「發射場能不能用？」投資人的疑問並非沒有緣故。對於航天科技而言，火箭製造、飛控技術的實質和場地的審批，長期以來都是民營企業的「禁區」。藍箭航天需要從無到有經營整個研發甚至發射體系，這對投資人而言，不確定性太大。奔波下來，張昌武的藍箭航天只籌到了五百萬元人民幣的啟動資金。

「火箭製造是一個全流程的大規模工業產品，設計工作並不是唯一的難點，更大的困難在於它超長的供應鏈。例如，作為運載火箭「心臟」的發動機，藍箭航天無法通過購買或其他方式獲得，只能靠自己獨立研發來解決。」

火箭發動機所使用的推進劑有固體與液體之分，決定了火箭發動機技術的固液之別。液氧甲烷發動機以環保、高可靠、低成本、可重複使用等特點，是商業航天火箭的理想推進劑，也是目前國際上公認的可重複使用的新一代火箭發動機技術方向。

### 研製大推力液氧甲烷火箭發動機比肩世界

2015年8月，張昌武便開始帶領成立之初的公司布局液體發動機火箭的研發。在選擇推進劑時，團隊面臨兩個選擇，一是用很短的時間就可以做到的固體推進劑，二是運用成本更低，但發動機研發卻異常艱辛的液體推進劑。經過慎重考慮，藍箭航天選擇了後者。

2019年，藍箭航天的天鵝液氧甲烷發動機經過數次熱車考核並取得成功，這是中國第一台百噸級液氧甲烷發動機，也是繼SpaceX的猛禽、Blue Origin的BE-4之後，世界第三台完成全系統試車考核的大推力液氧甲烷火箭發動機。這也讓中國成為全球第二個擁有大推力液氧甲烷火箭發動機並完成了累計40台次27,000s可靠性試驗的國家。

### 走通火箭研製發射審批全流程

2018年，藍箭航天完成了三級固體運載火箭「朱雀一號」的自主研製。10月27日16時，在甘肅酒泉衛星發射中心，伴隨著指揮部「點火」口令，「朱雀一號」底部亮起橘黃色火球，隨著轟鳴聲騰空而起，奔向太空。二級火箭分離正常，三級火箭點火成功……三級火箭異常，自旋失穩，火箭接近但未能達到預定速度，其載荷「未來號」商業衛星也未能按照預定計劃進入太陽同步軌道。未能入軌是一個遺憾，但張昌武認為，這次發射達到了要驗證的一些關鍵技術的目標。實際上，「朱雀一號」完成總裝並正式進入發射準備階段，已經意味著藍箭航天走通了運載火箭研製和發射流程中的研製環節，供應鏈配套環節和行政審批環節，這在中國民營航天史上尚屬首次。

### 「朱雀二號」嘗試火箭重複利用

「如果『朱雀二號』成功發射，邁過液體火箭這一關，藍箭就會開啟一個新的時代。最初選擇液體推進劑，我們也是向着可重複利用的方向發展。」他補充說。

藍箭航天自主研發的「朱雀二號」運載火箭是中國民營商業航天公司的第一個中大型液氧甲烷火箭型號，按照計劃即將於近期發射。張積茂是從酒泉衛星發射場退役的「老兵」，他曾多次參加國家重大發射任務的供氣保障工作。如今他重新站上指揮位，嫻熟的操作本領和豐富的指揮經驗讓他對自己的業務和團隊充滿信心。在任務進場前，他帶領著新組建的加注團隊，克服人手不足、氣溫驟降等不利條件，始終堅守一線。

年終歲尾，戈壁上凜冽西風打在臉上如刀割針刺，露在外面的額頭、鼻子尖上常常凝結著冰晶。西部地區晝夜溫差很大，夜晚比白天要低10攝氏度左右，常常能低到零下三十幾攝氏度，體感溫度還要更冷。大家穿著和白天一樣的服裝對抗嚴寒，卻絲毫沒有退縮。不管在工作還是生活中，團隊堅持用數據和實踐結合的事實來說話，沒有絲毫懈怠。

「朱雀一號」火箭發射時，藍箭航天只有160名員工，如今公司員工已達900名。張昌武帶領著這支平均年齡不到40歲的團隊不斷向太空探索。「國家航天從定位上來講，未來會承擔更多的國家重大任務，包含深空探測、登月探火國家的空間站等一些大型基礎設施的建設，是戰略之戰略、核心之核心。」張昌武談到，戰略型任務之外，市場也對民營火箭公司提出了更多新的需求，這個需求就是更低的成本、更高的發射頻次和更大的運力，在低地球軌道的資源開發作出新的貢獻。

# 民營航天企業關蹊徑

# 創新技術路線開前路

## 藍箭航天張昌武：不要複製國家隊成果

### 特稿

這取決於企業的承受能力，更取決於企業對於過程和問題的把控能力。張昌武說，對於「朱雀一號」的發射失利，表明我們對風險的認識能力存在不足的問題。

在人們以往的認識中，只要發射失利，就是一種失敗。但是對於商業火箭開發過程中，需要增加對失敗的容忍度。如果不能接受失敗，就很難實現低成本高頻次。

「對於任何一款火箭，無論花多長時間，都存在風險。」

張昌武說，「現在商業航天領域出現了一種快速迭代的新理念，快速迭代的過程中，失誤十分常見，增加容錯率是大勢所趨。」張昌武說，「我們主張的其實是在確保安全過程安全的前提下，更加大膽地做技術創新，並適當在這一過程中增加容錯空間。」「其實，任何一個行業在向前發展過程中都要涉及到試錯過程，但航天領域的試錯成本太高，盡量地減少試錯成本，在確保安全的情況下，提高對商業火箭發射失敗的容忍度。」張昌武說。

### 對標業界 奮起直追

提到民營航天，繞不開的一個話題就是作為業界標杆

的SpaceX，張昌武並不避諱談差距。在他看來，包括藍箭航天在內的中國民營火箭發展還處於非常早的起步階段，儘管起點高，但差距也非常明顯。「只有認識到差距，才能奮起直追，實現趕超。」「如果對標國際同行起步的前八年，我們發展速度其實是快的。中國民營火箭在前八年取得了國際同行前八年沒能取得的進展。」張昌武也清醒地看到，「國際同行在超大型的運載器，像現在的星艦系統以及運載器的回收復用上都取得了驚人的進展。接下來仍然要埋頭苦幹才有可能迎頭趕上。」

## 既確保安全 又適當增加容錯率



◆藍箭航天研發團隊平均年齡不到40歲。  
香港文匯報記者 于海江 攝



◆2022年春節，「朱雀二號」遙一火箭從嘉興火箭製造基地出發運往酒泉衛星發射場。  
受訪者供圖

## 航天建設無捷徑 做好基建育人才

張昌武為藍箭航天規劃了三步走，第一步實現完整的運載器研製能力，包括「朱雀二號」首飛；第二步是在「朱雀二號」的基礎上，通過技術創新，實現火箭運載器的可重複利用，加強低地球軌道運載能力；第三步是實現天地往返全復用系統的運載能力。

行內人才明白，基礎設施對於火箭發

的重要性。「只有建好了基礎設施，才能具備火箭研發乃至量產的綜合能力。航天建設沒有捷徑，設施是前提、人才是關鍵、時間是必然。」張昌武這樣說。

為了保障液體穩定發動機的研製，技術團隊決定自建試車台，為了建造這個試車台，公司所有的工程師進行了長達一年半時間的建設工作。

「在一個深山裏要去開山破土，披荆斬棘。在道路建設完畢之前，上山是非常艱難的過程，但是為了把工程如期建設起來，我們的工程師在泥濘中推著運送推進劑的汽車上山，最終把物料送到試車台，成為了我心中永恒的一幕。」功夫不負有心人，中國唯一一個百噸級液氧甲烷火箭發動機試車台順利投放使

用。「火箭行業裏基礎設施建設的能力非常重要。一旦有了基礎設施建設的能力以及液氧甲烷核心技術，火箭的批量化生產和成功就是時間早晚的問題。」張昌武表示，目前，藍箭航天已經擁有了從設計研發、試驗檢測到總裝生產的全流程研製能力和產品量產能力。



◆中國唯一一個百噸級液氧甲烷火箭發動機試車台已投入使用。  
受訪者供圖