



▲可回收火箭出現後，把一公斤載荷送入近地軌道的成本，由超過兩萬美元壓縮至約3000美元。圖為SpaceX獵鷹9號。

經濟觀察家

諾貝爾物理學獎得主理查德·費曼（Richard Feynman）教授有一句名言：「If you cannot explain something in simple terms, you don't understand it.」（若你無法用簡單的語言解釋一件事，那你根本還未真正理解它。）這句話，放在今天如火如荼的新太空經濟討論中，尤其貼切。

軌道發射技術成太空經濟關鍵



馮英倫

行業觀察

火箭工程，英文有一個慣常說法叫做「rocket science」，意指極為複雜、高深莫測之事。然而，火箭技術的底層邏輯，並非普通人完全無法理解的——關鍵在於，有沒有人願意花時間，用簡單的語言把它說清楚。

只有真正搞懂了軌道發射的邏輯，才能明白為何可回收火箭的崛起，是這個時代太空經濟最根本的變量；也才能理解，這場技術革命距離我們的日常生活，遠比想像中更近。

衛星入軌條件要求極高

也正因如此，討論新太空經濟，首先不能只談衛星應用或商業模式，而必須回到最基本的問題：誰能以更頻密、更穩定、更低成本的方式，把載荷送上軌道。火箭技術牢牢守住了進入太空的大門；不攻克這些技術難關，就無法進入太空，也就無法在地球軌道上展開任何應用。

衛星通信、地球觀測、在軌製造、月球資源開發、深空探測——所有這些新興太空產業，無一不依賴於安全可靠地將載荷送入軌道的能力。軌道發射能力，是通往太空的唯一門票，是整個產業鏈的基礎。

而長期以來，高昂的發射成本，正是制約太空商業化的最大瓶頸。以SpaceX獵鷹9號為代表的可回收火箭出現之前，把一公斤載荷送入近地軌道的成本，超過兩萬美元；如今，這個數字已被可回收第一級火箭的發射系統（獵鷹9號、New Glenn、長征十號乙、朱雀三號）壓縮至約三千美元以下。當軌道級火箭都可以回收的星艦（Starship）正式運行，軌道發射的成本很可能進一步下降到一百美元，這是一個數量級的改變。

要理解這套經濟邏輯為何成立，仍然要從火箭最基本的任務說起。火箭究竟是做什麼的？說到底，火箭——在業界正式稱為「發射載具」（Launch Vehicle）——的功能，只有一件事：把載荷送上軌道。

要理解箇中難度，必須先弄清楚「軌道」究竟是什麼。許多人以為，衛星之所以能在太空中飄浮，是因為那裏沒有地球引力。這是一個極為普遍的誤解。事實恰恰相反：在近地軌道上，地球引力仍約為地面的九成，衛星無時無刻都在向地心「墜落」。

那麼，為什麼衛星不會撞上地球呢？最直觀的理解是這樣的：想像你站在一座極高的山頂，以極快的速度向水平方向拋出一塊石頭。石頭飛行的同時，受地球引力影響不斷下墜。若初速度足夠快，地球表面向下彎曲的弧度，恰好等於石頭下墜的弧度，

石頭便永遠「墜不到」地面——它就此開始繞地球運行，成了地球的衛星。

所有圍繞地球旋轉的物體，定義上都是地球的「衛星」；由人類製造並發射到軌道上的，則是「人造衛星」。這些在軌道上高速運行的人造衛星，其實都處於一種受控的「永恆自由落體」狀態——它們一直在墜落，只是始終墜不到地面。

要維持在近地軌道的「永恆自由落體」，需要多快的速度？答案大約是時速2.8萬公里。從靜止在地面的狀態，在數分鐘之內，把數百公斤乃至幾噸重的載荷，精確加速到時速2.8萬公里，同時推升到數百公里的軌道高度，還要進入預先計算好的軌道偏角——這，才是火箭真正的工程挑戰所在。也因此，全球能夠獨立掌握軌道發射能力的國家寥寥無幾，具備商業發射能力的企業更是屈指可數。

火箭回收考驗工程水準

要把載荷推進到軌道速度，人類目前唯一實用的方法，仍然是燃燒燃料產生推力。而燃料的選擇，直接決定了火箭能否被安全回收重用。

早期的火箭推進劑（Hypergolic Propellant）——這類推進劑的燃料與氧化劑接觸後，無需點火即可自行燃燒，可靠性高，但含有劇毒，且燃燒後殘留物腐蝕性極強，箭體難以進行受控的精細降落操作，從根本上限制了可回收設計的可能性。

隨後一代的火箭，廣泛採用液氧煤油（Kerolox）或液氫液氧（LH2/LOX）。液氫液氧的比衝（Specific Impulse）極高，但液氫的儲存溫度須低至-253℃，對儲罐和管道的要求極為苛刻；加之液氫密度甚低，儲罐體積龐大，整體工程複雜度很高。

近年來，以SpaceX的Raptor引擎和Blue Origin的BE-4引擎為代表，新一代可回收火箭普遍轉向液氧甲烷（Methalox）作為推進劑。甲烷是最簡單的烴類化合物（CH₄），燃燒後積碳（Soot/Coking）極少，對引擎內壁的污染遠低於煤油，更易於翻修和重複使用——而可重用性，正是可回收火箭最核心的商業訴求。

然而，選用液氧甲烷並非就此萬事大吉，其工程挑戰同樣艱巨。液態甲烷須維持在約-161.5℃（沸點）至-182.5℃（凝固點）之間的深冷（Cryogenic）狀態方可儲存；一旦進入燃燒室，卻須在3200℃至3500℃的極端高溫下完成燃燒。從深冷到極熱，溫差超過三千度，這其中涉及一系列極為複雜的工程處理。

首先，燃料從儲罐到燃燒室，需

透過渦輪泵進行高壓噴射。為了驅動渦輪泵，部分燃料須先進入「預燃室」（Pre-burner），透過「分級燃燒循環」（Staged Combustion Cycle）預先燃燒，產生高溫高壓氣體驅動渦輪，再將主燃料泵入主燃燒室完成最終燃燒。這種設計能最大限度地提升燃燒效率，但同時也把引擎的熱力學和機械設計複雜度推至極限。

其次，燃燒室內壁面對的是超過3000℃的持續高溫，足以融化地球上幾乎所有的金屬。工程師採用的解決方案是「再生冷卻」（Regenerative Cooling）：讓深冷的液態燃料在進入燃燒室燃燒之前，先流經燃燒室外壁的細密管道，一方面為燃燒室降溫，另一方面也對燃料進行預熱，提升燃燒效率。深冷燃料與極熱燃燒室之間，因此形成一套相互依存的熱管理系統——這個設計的精妙之處，正是在於以問題本身作為解決方案，以極冷克極熱。

解決了引擎設計的種種難題，火箭在箭體結構上同樣面臨嚴峻的考驗。火箭的「質量比」（Mass Ratio）是決定性能的根本制約。根據「火箭方程」，達到給定速度所需的推進劑質量與火箭空箭質量之比，呈指數關係。換言之，箭體每增加一公斤無效死重，就需要消耗遠超一公斤的額外燃料來彌補，而更多燃料又帶來更重的儲罐和結構，形成惡性循環。因此，現代火箭箭體必須造得盡量輕——大型運載火箭的箭體結構自重，有時僅佔滿載總重的百分之幾。

然而，極致輕量化的箭體，又必須能夠抵禦發射過程中的各種極端力學環境。其中最關鍵的，是火箭穿越大氣層時承受的「最大動壓」（Max-Q）——大氣密度與飛行速度共同作用產生的氣動力峰值。在Max-Q點，火箭既承受巨大的氣動壓力，又要維持結構完整性，同時繼續加速——對材料科學和結構設計的要求極高。

不同的材料選擇，各有其工程邏輯。SpaceX的獵鷹9號採用高強度鋁鎳合金，密度低而强度高；而星艦（Starship）卻採用了看似「復古」的301L不鏽鋼。這個選擇引發過不少爭議，但背後有充分的工程理由：不鏽鋼在低溫環境下強度不降反升，且耐熱性能出色，在星艦高速再入大氣層時，具備碳纖維複合材料難以企及的熱防護優勢，同時造價更低、更易加工。

可回收火箭如何在複雜的工程約束下實現受控降落回收、快速翻修、高效重用？哪些技術難題尚待克服？中國在這場競賽中處於何種位置？這些問題，我們留待下一篇細說。

（作者為星軌資本夥伴有限公司聯合創辦人及聯席行政總裁）

繪製AI藍圖 打造經濟底座



陳迪源

創科瞭望

香港第一份五年規劃與新一份施政報告，共同構成本港AI發展的落地藍圖。五年規劃明確香港對接國家「十五五」規劃及大灣區的定位，施政報告將AI、算力、應用場景、公共治理與網絡安全落實為具體政策。目前來看，AI已脫離單純產業賽道，成為提升全港生產力的關鍵經濟底座。

「AI產業化、產業AI化」是相輔相成的核心路線。AI產業化聚焦模型、晶片、機器人、算力及配套服務，築牢本土科技基礎；產業AI化以智能技術重構金融、醫療、法律、物流、建造、零售及社福的營運流程。香港難以在大模型研發投入上與大型經濟體競爭，若只依賴外購工具、欠缺本土研發、數據治理與人才體系，產業發展將受制於人。

河套、新田科技城、科學園、數碼港的「北中南」布局，配合五大研發機構，應聯成研發、中試、轉化、融資、出海的完整產業鏈，杜絕各自為政。河套主攻跨境科研與中試創新，新田負責原型開發與產業落地，科學園及數碼港專注企業培育、場景測試、融資對接與國際拓展。政府擬設的創科應用場景促進中心至為關鍵：科研價值必須在真實場景驗證、取得首批商業訂單，否則龐大研發投入只會滯留實驗室。

中小企業是產業AI化的主力。政府優化數碼轉型資助計劃，搭配生產力局專業諮詢，方向正確。中小企最大困境並非軟體採購資金，而是轉型落地能力不足：難以識別低效痛點流程、梳理有效數據、開展培訓與小規模試點，亦欠缺以工時節省、錯率降低、訂單增長及資安優化量化成果的能力。

以安裝數量為導向的資助只會催生一次性採購，成果導向才能推動企業長期AI升級。政府的全民AI培訓與在職技能提升計劃，須緊扣實戰應用核心。香港亟需的不僅是懂提示詞操作的人員，而是熟悉行業流程、數據品質、網絡安全與人機協作的「AI+專業」複合人才。技術工具可外購，企業流程重組、技術駕馭與成果負責的能力，才是長期競爭核心。

技術普惠 造福民生

沙嶺數據園區是香港AI底座的核心硬件支撐，預計2032年提供18萬PFLOPS算力，為現時全港的36倍，充分支撐香港與大灣區AI發展。算力是AI時代的基礎基建，但單有硬件無法帶動產業升級。沙嶺需解決三大核心議題：讓初創與中小企負擔得起算力成本；透

過綠能與高效製冷緩解能耗壓力；將算力資源對接可信數據、產業場景與大灣區供應鏈。

僅服務大型企業的算力只是普通機房，普惠百業創新才是城市級公共基建。算力之外，數據治理是AI發展關鍵。香港憑藉國際制度與嚴謹私隱保障體系，可搭建可控、可追溯、可審計的數據應用機制，在合規前提下釋放金融、醫療、物流等高價值數據的產業價值。數據主權不在封鎖數據或依賴單一供應商，而在自主制規、控險、優化方案與落實問責的能力，這是香港服務國家AI發展的獨特制度增量。

公共服務是市民感知AI價值的最直接渠道。AI效能提升組已於13個部門推出30個AI項目，部分審批輪候時效最高縮減九成；運輸署預約、環評流程效率提升五成，食環署垃圾投訴處理提速七成，充分體現AI簡化流程、便民提效的實質價值。

未來政府須打破部門試點孤島，將成熟技術、數據標準與營運模式全面複製到各類公共服務。規劃中的「AI城市大腦」，應聚焦解決跨部門治理難題，而非單純搭建數據儀表板。所有試點須公開成效數據、設差處理機制與覆核問責流程。政府採購應側重可量化、可複製的服務與流程優化能力，而非單純採購軟體系統。

AI發展越快，治理越須先行兜底。施政報告設立AI專員，由政務司司長統籌涵蓋安全、倫理、責任、就業等七大範疇的風險治理，意義重大。AI可輔助數據分析與決策參考，但不得取代高風險服務的專業判斷。智能體運作須恪守最小權限、全程留痕、人工覆核、錯誤可修正、爭議可申訴原則。網絡安全防禦機制亦須普及所有數碼化中小企，築牢全行業安全防線。

香港發展AI的核心競爭優勢，從來不在於堆砌伺服器基建、追求數量式的示範項目，而在於本港獨一無二的樞紐整合能力。香港能夠精準對接國家頂層發展戰略、承接大灣區完備的產業配套能力、接軌全球通用的國際標準，同時依託成熟的普通法體系、頂級金融及專業服務優勢，為AI產業發展搭建橫通內外、連結產研的高端平台。秉持「AI有效能、治理有邊界、普惠有入口」的核心原則，香港方能擺脫單純的科技熱度與項目泡沫，將AI技術紅利穩定轉化為產業升級、民生改善、治理提效的持久動能，為本港高質量發展注入源源不斷的新活力，同時助力國家人工智能產業高質量、規範化、國際化發展。

（作者為香港創科發展協會創會主席）

新盤魚貫登場 帶旺樓市氣氛



廖偉強

樓市新態

8、9月本港樓市氣氛逐漸「由冷轉熱」，各大型發展商在暑假臨近尾聲時迅速重啟新盤市場引擎，幾個市場注目的一手新盤項目，不但再度成為焦點，而且紛紛錄得理想銷情。有傳媒統計指，9月份就預計有7個全新項目推出，合共約2453伙，涵蓋市區及新界多個地段。而近期發展商仍普遍採取「量先行」策略，以較克制的開價吸引買家，令市場重新燃起入市熱潮。

一手向隅客回流二手市場

新盤的熱度迅速向二手市場擴散。筆者公司研究部最新數據顯示，全港50個指標屋苑的周末預約睇樓量錄得1245組，按周增加1.6%，並已連升三周。九龍區的升幅尤為突出，按周上升2.2%，反映不少新盤向隅客在市場氣氛帶動下，開始回流二手市場尋覓心儀單位。睇樓量作為最直接的前瞻指標，連續多周上升，顯示買家的入市意欲正逐步增強。

從宏觀經濟角度而言，香港目前

仍處於利好地產市場的環境。特區政府公布的最新數據顯示，今年上半年GDP按年增長5.1%，為近五年最強勁的半年度表現；受惠於外貿蓬勃及內部需求強勁，政府亦將全年增長預測上調至3.5%至4.5%。

此外，上半年整體貨物出口錄得雙位數增長，駐港企業數目創歷史新高，反映香港國際金融及商業中心的地位依然穩固。配合北部都會區及多項大型基建項目推進，本港經濟的長遠增長潛力明顯提升。

在現有的基礎上，筆者認為9月是今年難得的入市良機。一手市場選擇多元，發展商普遍以量先行、開價克制，並提供較佳的付款方案。早前焦點新盤啟環I以震撼價開盤，市場反應熱烈，成為其他發展商短期內開盤的參考指標。二手市場方面，由於大市剛從整固期回勇，加上新盤連環推出搶走焦點，令不少業主叫價回復理性，仍有議價空間。所以，對於有心置業的買家而言，只要把握當前一二手市場的機遇，就有望在樓市全面轉熱前佔得先機。

（作者為利嘉閣地產總裁）

