

全球人工智能（AI）算力需求爆發式增長，而陸地數據中心正面臨用電、用水與用地三方面的瓶頸。為突破能源與空間限制的困境，多國將戰場轉向陸地之外，開啓「上天入海」的算力突圍競賽。在太空，AI算力衛星依託太陽能挖掘能源潛力，海底數據中心憑藉天然冷卻源和綠色供電等優勢率先實現商用落地，成為AI算力升級的新方向。

大公報記者 郭嘉

人工智能算力需求正高速攀升。以美國為例，數據中心的用電量佔全國電力總消耗比例，已從2024年的不足1%升至如今的7%左右，且增長勢頭強勁。高盛預測，2026至2031年，全球用於人工智能計算、數據中心建設及電力配套的相關資本開支，規模將達7.6萬億美元。

隨着算力需求急劇飆升，陸地AI基礎設施承壓，數據中心高耗電、高用水和高佔地的「三高」問題日益突出。科技企業開始探索兩大未充分開發的特殊場景：深海與太空。

科企紛紛搶佔太空軌道

美國硅谷巨頭紛紛將目光投向太空，依託太陽能資源，開啟全新的太空算力競爭。世界首富馬斯克旗下太空探索技術公司SpaceX，公布了太空算力數據中心項目StarMind（星智），以AI算力衛星「AI1」為核心，發射多達100萬顆衛星到空間軌道上，實現太空AI算力總量達100吉瓦。馬斯克稱，太空數據中心建設無需突破性新技術，整體技術難度低於現有的「星鏈」業務。

亞馬遜創辦人員佐斯的太空技術公司藍色起源推出了「日出計劃」，準備部署5.16萬顆數據中心衛星。谷歌公布「捕日者計劃」，要把自研的芯片送上天驗證。今年3月，英偉達發布了Space-1 Vera Rubin太空運算模塊，專為尺寸、重量和功耗受限的太空環境設計。

中國「千帆星座」等低軌寬帶星座開啟常態化發射，為新一代衛星預留算力載荷空間。中國國星宇航發布「星算計劃」，規劃發射2800顆計算衛星組網。銀河航天已完成40餘顆衛星發射入軌，正在研發面向太空算力的第三代衛星平台。除了中美外，歐盟和日本也在考慮在太空建造衛星數據中心，但仍處於構想研究階段。

太空獲得青睞，關鍵在於其獨特的能源和空間優勢。地球軌道上太陽能可實現全天候無遮擋供電，理論發電效率達地面光伏的5倍以上。算力衛星通過激光、無線電實現衛星之間數據傳輸，即可搭建類似陸地的AI計算集群。不過，衛星行業資深分析師提姆·法拉爾指出，太空數據工程落地挑戰大，散熱、通信延遲、發射成本、在軌維護和軌道空間等諸多問題仍亟待解決。現階段來看，太空發射在當前技術條件下，單位算力成本約為陸地數據中心的4-6倍。

中國深海「算力堡壘」實現商用

除了遙遠的太空外，科企亦將目光投向浩瀚的海洋。海洋作為全球最大的天然冷卻源，中國海蘭雲公司直接把數據中心沉入海南陵水海底，並於今年5月在上海臨港打造的「海風直連」數據中心——直接採用鄰近海上風電場供電，實現了風電與算力的無縫對接。這座「深海算力堡壘」是全球首個實現海底商用落地的海底數據中心，推動了算力基礎設施的綠色轉型。

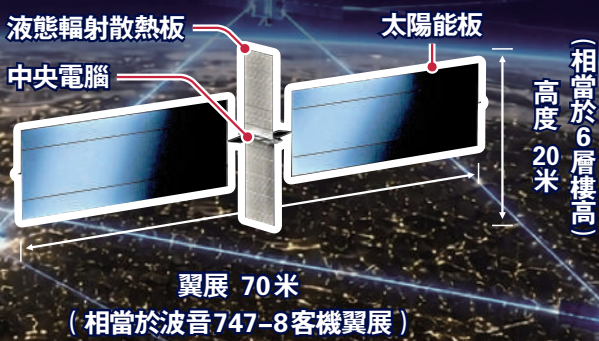
美國初創企業Panthalassa，則嘗試利用波浪能破解算力困境。該公司核心產品名為「節點」，是一種採用越頂波能轉換技術的自主漂浮裝置，原理類似漂浮式水力發電廠。裝置隨浪花起伏時，海水會被壓進內部帶動渦輪旋轉，轉化為電力；同時依靠海水實現散熱，降低成本。韓國和新加坡也在積極研發水下數據中心和浮動式數據中心方案。

無論是「上天」還是「下海」，背後反映的都是人類對AI算力龐大需求的焦慮。相較於太空算力仍處於試驗階段，海底數據中心雖亦面臨艙體生物附着、防風防潮等工程考驗，但憑藉自身優勢，展現出具備商業化應用的前景。

AI算力「上天下海」尋出路

全球需求井噴 地面數據中心遇瓶頸

SpaceX「星智」項目太空衛星AI1



- 算力**
 - 最高算力：150千瓦 平均算力：120千瓦
 - 相當於一個標準地面AI服務器機架
- 散熱**
 - 配備110平方米液態輻射散熱板
- 太陽能**
 - 總共能產生150千瓦電力
 - 每平方米產生250瓦電力
- 通信**
 - 激光，不佔無線電頻譜，與「星鏈」衛星間的通信靠光學星間鏈路（OISL）
- 發射**
 - 計劃：2027年發射衛星模型機上天
 - 目標：部署100萬顆

太空算力

中國

「千帆星座」低軌寬帶星座開啟常態化發射，新一代衛星普遍預留算力載荷空間。國星宇航「星算計劃」，規劃發射2800顆計算衛星組網。中國銀河航天完成40多顆衛星發射入軌，正在研發面向太空算力的第三代衛星平台。

歐盟

歐盟與航天公司與泰雷茲阿萊尼亞航太公司合作，推出在軌數據中心可行性研究項目（ASCEND），計劃2036年部署首個太空數據中心，目標是到2050年部署1GW的計算能力。

美國

SpaceX太空數據中心衛星項目為「StarMind」（星智），向太空發射總量達100萬噸的衛星，實現在太空部署100吉瓦算力的目標。

谷歌推出「捕日者計劃」，將谷歌自研的AI芯片，目標在2027年之前發射數顆原型衛星。

藍色起源推出「日出計劃」的項目，發射51600顆數據中心專用衛星，擬於2027年第四季度正式部署。

太空數據中心

優勢

利用太陽能，不間斷供電。

散熱難題

太空真空環境無對流，僅能靠輻射散熱，須維持穩定運算效率。

發射維護

即使有「星艦」等可回收火箭，運輸成本過高；在軌無法人工修理，維護成本高。

通信延遲

受物理限制，衛星數據傳輸回地球產生數十至數百毫秒的延遲。

軌道擁擠

地球近地軌道資源有限，硬體損壞直接報廢，衛星碰撞易產生太空垃圾。

傳統陸地數據中心

高耗電：約40%的電力用於冷卻散熱。

高耗水：採用蒸發冷卻，消耗大量淡水。

高佔地：人口稠密地區，陸地建設成本高。

海底算力

中國

2022年，海蘭雲首個商用海底數據中心海南陵水下水，目前營運順暢。2026年5月，該公司全球首個「海風直連」海底數據中心在上海臨港海域投入營運。

韓國

今年4月，韓國蔚山市與韓國海洋科學技術院(KIOST)共同啟動水下數據中心標準模型的研發工作，建立可容納數萬台伺服器的海底算力基地。

新加坡

吉寶(Keppel)公司的水上近岸漂浮數據中心(FDCP)，利用海水，解決土地匱乏與淡水冷卻限制。

美國

初創公司Panthalassa利用海浪為漂浮式數據中心供電，預計2027年啟動商業部署。

大公報AI製圖

海底數據中心

核心優勢

海水自然冷卻，零淡水消耗；直連清潔能源，如離岸風電、潮汐和波浪能等；靠近海底海纜，有利於跨境數據傳輸。

具備商業前景

適合土地稀缺、沿海人口稠密的國家與地區，可與海上風電等清潔能源共建共用。

挑戰

密封艙體，硬件升級難度高；外殼易生長藤壺與海藻等附着物或者海水腐蝕；排放熱能恐影響海底生態環境；安全與傳輸（特定聲波干擾風險、抵禦颱風和地震）；波浪能開發難度、設備故障率高。

海上風電直連數據中心

高出海面20多米
總重1950噸
比同等規模的陸地數據中心節省土地90%以上
淡水消耗量為零，一年省4萬噸淡水

