●責任編輯：陳思夢 ●版面設計：余天麟

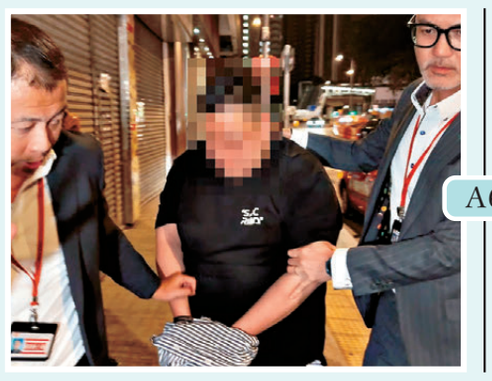
機管局建遊艇港灣 搶攻超級遊艇商機 A4

毒外傭匿天眼盲點虐兒 母痛心嘆舉證難 A7

多元配套挺創新藥研 港串連算力資本臨床 A3



拘66人涉款億元 聯合特遣隊破涉黑圍標集團 A6



文匯報
WEN WEI PO
www wenweipo com
政府指定刊登有關法律廣告之刊物
獲特許可在全國各地發行
2026年11月 7 星期六
丙午年九月廿九 是日立冬
今日出紙2疊7大張
港字第27972 港售12元
香港文匯報App

中國空間站「超級冰箱」誕生最冷人造物質

多團隊15年協作攻關 邁向絕對零度助前沿物理研究



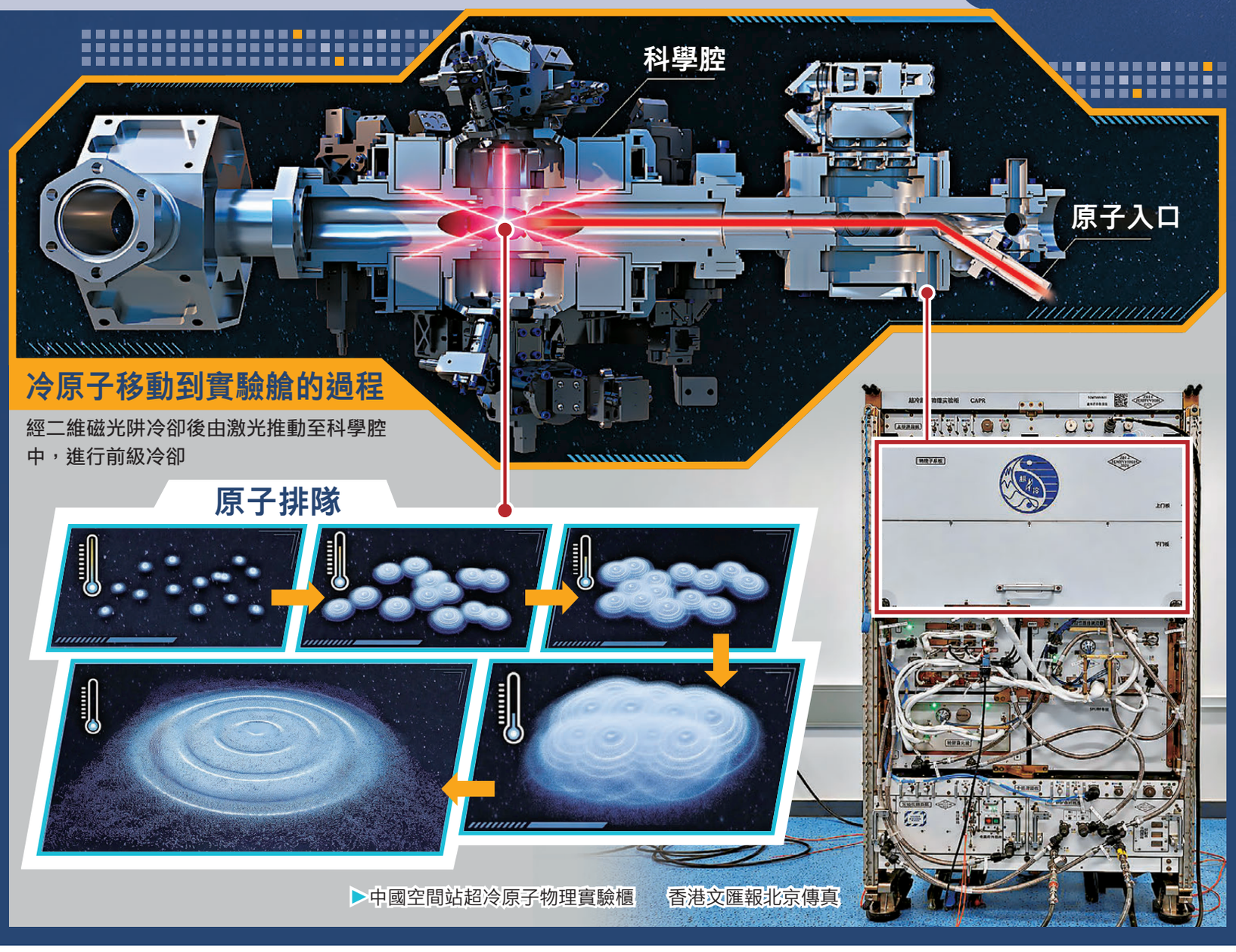
●北京大學電子學院教授周小計 香港文匯報記者劉凝哲 攝

點讚中國

零下273.15攝氏度，是物理學定義的絕對零度，吸引全世界科學家百年來不斷奔赴的溫度極限。如今，中國空間站的「超級冰箱」裏，人類距離這個極限又近了一大步。

中國科學家在空間站夢天艙超冷原子物理實驗櫃中，把銫原子雲冷卻至9.7皮開爾文（pK），比室溫低14個數量級，並可持續觀測7秒，誕生目前人類已知最冷人造物質。該項工作成果論文於11月6日在線發表於國際期刊《科學》（Science）。這有助於科學家研究前沿物理問題，開展精密測量、量子計算、量子模擬等領域的研究應用。

「2017年，美國記者寫過標題，說宇宙中最冷的那個點，在NASA的冷原子實驗室（CAL），但今天站在這裏，我想說，宇宙中最冷的點，應該在中國的空間站。」在中國科學院空間科學與應用總體部舉行中國空間站成果發布會上，北京大學電子學院教授周小計說。 ●香港文匯報記者 劉凝哲 北京報道



▶中國空間站超冷原子物理實驗櫃 香港文匯報北京傳真

2018年5月，美國國家航空航天局（NASA）把冷原子實驗室送上國際空間站，這是人類首個在軌運行的超冷原子設施。2021年，德國不來梅大學在落塔微重力環境下降至38皮開爾文；2022年，CAL在國際空間站上將銫原子雲等效溫度降至52皮開爾文。

最冷，究竟意味着什麼？

原子在永不停歇地做無規則熱運動，溫度的降低意味着運動速度的減慢。只有降低至接近絕對零度（即零下273.15攝氏度，編者註）時，原子才被「凍」到幾乎靜止。當原子溫度被降低至納開爾文量級甚至更低、且密度足夠高時，它會呈現玻色—愛因斯坦凝聚（BEC）等宏觀量子現象——原子們不再無規則地亂跑，而形成了一支整齊劃一的「儀仗隊」。這有助於科學家研究前沿物理問題，開展精密測量、量子計算、量子模擬等領域的研究應用。

向絕對零度邁進，是物理學界持續百餘年的挑戰。在這條探索道路上，低溫研究和冷卻技術的相關成果，至少5次獲得諾貝爾物理學獎。周小計說，「在空間站的微重力環境，可以在低於1赫茲的阱中捕獲到原子，從而為我們開展極低溫原子的量子模擬和量子精密測量提供了可能。」

該項目由中國科學院空間應用工程與技術中心牽頭論證管理集成、北京大學與中國科學院上海光學精密機械研究所聯合完成。據香港文匯報記者跟進了解，中國空間站超冷原子物理實驗櫃項目從2011年開始論證，到2022年研製成功、隨夢天艙發射，如今取得重大突破，歷時15年。

歡迎世界各地科學家使用

其中，由上海光機所牽頭研製的超冷原子物理實驗系統，正是一個能將溫度極限降低的「超級冰箱」。論文共同通訊作者、上海光機所研究員陳衛標介紹，這一裝置能幫助解決極低溫下量子氣體的相變、非平衡動力學、量子多體關聯、低維量子物理等基礎物理問題，推動對早期宇宙模擬、超輕暗物質探測等前沿課題的研究；超低溫原子可用於更高精度的原子干涉儀、量子傳感器和空間時頻基準，服務於地球重力場測量、慣性導航及基本物理常數檢驗。

「中國科學家聯合工程團隊15年磨一劍，完成了從基礎研究到工程實現的跨組織、體系化攻關，取得國際最好指標。」中國載人航天工程空間應用系統總設計師、中國科學院空間應用工程與技術中心副主任呂從民表示，此次實驗結果超越國際同行，表明中國已達到國際冷原子物理相關實驗技術一流水平，歡迎世界各地科學家利用這台實驗櫃。

「在低溫量子領域，中國正在從全球的參與者、貢獻者，走向開拓者和引領者。」 周小計說。

中國製備「宇宙最冷點」進度

2011年	北京大學聯合中國科學院上海光機所等多家單位，提出空間冷原子實驗建議
2012年	載人航天工程辦公室確定為中國空間站14個載荷之一
2015年	正式立項，確立科研團隊
2016年	原理樣機研製
2022年	正樣裝機通過驗收。當年10月，超冷原子物理實驗櫃隨空間站夢天艙發射升空
2025年	達到10pK等效溫度，打破了人類迄今為止的低溫紀錄，論文初稿完成並投稿

整理：香港文匯報記者 劉凝哲

人類已知最冷人造物質誕生Q&A

Q：什麼是銫原子雲？

A：科學家把一種叫「銫」的金屬，從加熱到蒸發，取出5克金屬銫變成的蒸氣，用激光把裏面的原子一點點按住、吹涼——最後得到一團肉眼看不見的銫原子雲。

Q：這團雲現在有多冷？

A：9.7皮開爾文。開爾文是溫度單位，1開爾文就是零下272.15攝氏度，室溫大約是300開爾文。1皮開爾文是萬億分之一開爾文。從室溫300的開爾文，到銫原子雲的9.7皮開爾文，中間差了14個數量級。

Q：科學家為何要不斷為原子「降溫」？

A：溫度一降，原子活動就慢下來。慢到一定程度，它們就不再像普通氣體那樣亂撞，而是整整齊齊地「齊步走」。只有在這個狀態下，那些微觀世界的量子現象，才能被我們看見、操控。

Q：超冷實驗櫃有什麼作用？

A：短期看，這是一個「太空中的量子模擬器」，可以模擬早期宇宙、高溫超導這些在地面上看不清的物理現象。長期看，超冷原子可以做成極靈敏的原子干涉儀，用來探測暗物質、測量地球重力場、導航，甚至做更高精度的原子鐘——這些技術未來會用在衛星定軌、資源勘探、慣性導航上。

整理：香港文匯報記者 劉凝哲

換道超車尋「最低溫」 中國選了一條更難的路

特稿 中國科學家在中國空間站把銫原子雲冷到9.7皮開爾文，選的是一條與國際同行完全不同的技術路線。國際上，超冷原子在軌實驗的主流方案是「磁阱」——用原子芯片形成微磁阱「囚禁」原子雲，以射頻蒸發冷卻降溫，最後用脈衝衝擊深度冷卻。國際空間站上的冷原子實驗室（CAL）走的就是這條路，2022年將銫原子雲等效溫度降至52皮開爾文。

中國團隊選了「全光阱」——降低光強做蒸發冷卻，再以非絕熱擴散深度冷卻。為什麼這麼設計？論文共同通訊作者、北京大學教授陳徐宗解釋，在地面上進行原子冷卻時，原子雲被束縛在磁場或光場形成的偶極阱中，重力會把原子從容器底部拉出；而蒸發冷卻需要降低阱高，重力讓這種降低受到限制。在空間站微重力下，阱高可以降得很低，理論上保證了原子進入皮開爾文溫度區域。「我們在國際上提出兩級冷卻的方案，蒸發冷卻加非絕熱擴散冷卻，最終得到了10皮開爾文的最低溫度。」

多領域尖端技術集中實現

但是，這條路難度更大。微重力下光阱蒸發冷卻效率會降低，此前國際上沒有通過這一過程在軌製備凝聚體的先例。針對這一難題，團隊提出「梯度力輔助」新方案，實現了高效蒸發冷卻，獲得高純度凝聚體。極低溫原子實驗對振動等微小擾動尤為敏感，而在軌條件又限制了反覆調整；團隊通過光學、電學系統的精密設計與製造，保障了實驗所需的穩定性與調控精度。

論文共同第一作者、上海光機所研究員李唐說，工程上的挑戰在於，要在航天級嚴苛要求下把原子物理、激光技術、精密光學、超高真空、自動控制、航天工程等多領域尖端技術集中實現；如此複雜精密的儀器還須滿足高集成、低功耗、高可靠性要求，並通過航天級試驗，才能發射到空間站。

爆料專線 (852)6063 5752 wwphotline@tkww.com.hk
今日天氣 大致多雲 早晚有雨 氣溫25-28℃ 濕度70-90%
督印：香港文匯報有限公司 地址：香港仔田灣海旁道7號興偉中心2-4樓 電話：28738288 傳真：28730657 | 採訪部：28738260 傳真：28731451
發行中心：28739889 廣告部：28739888 傳真：28730009 | 承印：三友印務有限公司 地址：香港仔田灣海旁道7號興偉中心2-3樓
4 897001 360013