

專訪 中科院國家空間科學中心主任

中國製造的世界首顆「量子科學實驗衛星」預計於本月中升空，這顆各界寄予厚望的衛星是中國科學衛星系列將要發射的第三顆衛星，不僅將改變世界量子通信研究的格局，更被認為是中國太空事業加快向科學研究方向發展的重要標誌之一。剛剛被《自然》雜誌評選為中國科學之星的中國科學院國家空間科學中心主任吳季在接受本報專訪時表示，中國計劃在「十三五」期間發射五顆科學衛星，這將大大提升中國太空科學研究的能力，推動中國進一步向太空強國發展。

■香港文匯報記者 劉凝哲 北京報道

■中科院國家空間科學中心主任吳季稱，中國正在加速補齊航天事業中的科學短板。
本報北京傳真



吳季

吳季，1958年4月生，北京人。1993年丹麥技術大學博士畢業，長期從事太空科學探測計劃系統設計和微波遙感技術研究。曾任中國「地球空間雙星探測計劃」應用系統總設計師，國家重大科技基礎設施——「子午工程」總經理，中俄火星聯合探測計劃「螢火一號」首席科學家，嫦娥1號、2號和3號探測器有效载荷總指揮，現任中科院空間科學先導專項負責人。

1996-2001年期間，吳季分別在美國馬薩諸塞州立大學Amherst分校微波遙感實驗室、德克薩斯州立大學Arlington分校電子工程系電磁輻射實驗室、麻省理工學院電子工程系微波遙感實驗室做短期訪問學者。

吳季兼任國際空間研究委員會(COSPAR)副主席、中國空間科學學會副理事長、中國宇航學會理事、國家國防科技工業局科技委航天領域專家組專家，國際宇航科學院(IAA)院士(Full Member)、美國電子與電氣工程師協會(IEEE)會士(Fellow)、國際電磁科學院(EMA)成員(Member)、「遙感技術與應用」主編、《空間科學學報》常務副主編。

他曾獲國家科技進步獎一等獎1項，省部級科技進步獎3項，地球物理學會科技進步一等獎1項，國際宇航科學院(IAA)團隊成就獎1項。

連射科學衛星邁向太空強國

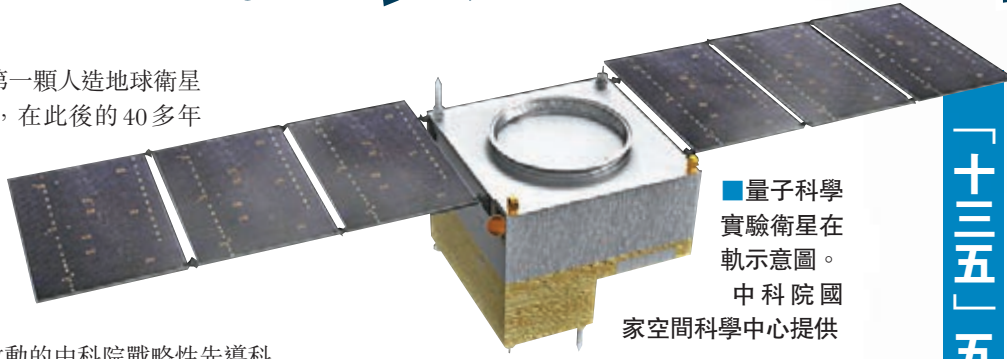
1970年中國發射第一顆人造地球衛星東方紅一號，在此後的40多年中，雖然中國航天技術實現跨越式發展，但真正意義上的科學衛星除與歐洲太空總署(ESA)合作開展的「雙星計劃」外，幾乎

處於空白狀態。2011年啟動的中科院戰略性先導科技專項成為破解這種局面的轉機。2015年底以來，從探索暗物質粒子的「悟空」，到實踐十號返回式科學實驗衛星，無不令世界刮目相看；隨後即將升空的量子科學實驗衛星和硬X射線調制望遠鏡衛星，更將探索重大未知領域。中國科學衛星近來呈現爆發式發展，「航天事業大國、太空科學小國」的情況正在改變。中科院國家空間科學中心主任吳季是促進這一變化的關鍵人物之一，他也因對中國乃至世界太空科學作出的重要貢獻被《自然》雜誌評選為中國科學之星。

補齊科學短板 不靠外國數據

「發射科學衛星之前，中國空間科學論文量最高居於世界第4位，但是引用量只位於世界第20位，因為中國科學家只能用外國「吃剩」的二手數據，現在中國有了自己的科學衛星計劃，科學家們再也不用啃外國剩下的骨頭了。」吳季對記者坦言，太空科學先導專項的實施，改變了「重應用，輕科學」的現狀，中國正在加速補齊航天事業中的科學短板。

自1957年人類發射第一顆衛星以來，有25位諾貝爾獎獲得者是以科學衛星數據得出研究成果。目前，全球約有120顆科學衛星，累計進行了5,000項以上的太空科學實驗項目，太空科學衛星對太空技術發展的帶動作用不言而喻。吳季表示，太空科學「只有第一、沒有第二」，這就決定了每項太空科學計劃都是非重複性的、非生產性的，包含了大量



■量子科學實驗衛星在軌示意圖。中科院國家空間科學中心提供

新需求、新思路、新設計、新材料和新工藝等，而這些都是太空科技重大原始創新的源頭。

領域新生力量 備受各國重視

中國科學衛星將在「十三五」期間繼續發力。吳季透露，中科院已遴選出五個「十三五」太空科學衛星項目。這五個項目包括：中歐聯合太空科學衛星任務太陽風-磁層相互作用全景成像衛星計劃(SMILE)、磁層-電離層-熱層耦合小衛星星座探測計劃(MIT)、全球水循環觀測衛星(WCOM)、愛因斯坦探針(EP)和先進天基太陽天文台(ASO-S)。

「中國正成為空間科學領域中不可小覷的新生力量，地位今非昔比，」吳季說，國家空間科學中心主辦的各種研討會吸引着各國的科學家，一些場合甚至需要限制名額，「大家都想知道中國打算做什麼，不希望跟中國的計劃有重複」。

投入比例較小 倡納國家計劃

雖然中國對太空科學衛星的投入有所增長，但吳季坦言，中國在科學衛星上的投入只有美國的百分之幾。吳季表示，希望國家能夠制定詳細可持續的太空科學發展計劃。「如果空間科學能被納入國家計劃，將大大提升中國空間科學領域的原始創新能力，有力促進中國基礎科學發展。」吳季說。

- 1. 太陽風-磁層相互作用全景成像衛星計劃(SMILE)：**中歐合作計劃，將幫助人類進一步了解太陽活動對地球等離子體環境和太空天氣的影響。
- 2. 先進天基太陽天文台(ASO-S)：**中國首顆太陽探測衛星，將結束中國科學家一直使用國外太陽觀測資料的局面。將研究太陽耀斑和日冕物質拋射相互關係和形成規律等，將對重大災害性太空天氣事件的預報作出重要貢獻。
- 3. 磁層-電離層-熱層耦合小衛星星座探測計劃(MIT)：**對於深入理解影響太空天氣的一些重要物理過程有着重要意義。專家認為，這一項目與國際同領域的任務相比具有獨特的切入點和創新思想。
- 4. 全球水循環觀測衛星(WCOM)：**將揭示全球變化背景下水循環變化特徵，深化理解水循環對全球變化的響應與反饋作用的科學規律。
- 5. 愛因斯坦探針計劃(EP)：**致力於發現和探測幾乎所有尺度上的沉寂的黑洞；探測引力波爆發源的電磁波對應體並對其定位。

「十三五」五大科學衛星項目

全球首創「量子星」建保密通信體系

在保密通信領域，量子通信是迄今為止唯一被嚴格證明「無條件安全」的通信方式。通過量子通信，人們可以從根本上解決國防、金融、政務等領域的信息安全問題。量子通信被認為是最有可能引發軍事、經濟、社會領域又一次關鍵技術革命的領域。

天地一體 聯接亞歐

中國製造的首顆量子科學實驗衛星預計本月中旬在酒泉衛星發射中心升空。如果這顆衛星成功發射，中國將成為全球第一個實現衛星和地面之間量子通信的國家。未來，中國還將構建一個天地一體化的量子保密通信與科學實驗體系。按規劃，中國預計在2020年實現亞洲與歐洲的洲際量子密鑰分發，屆時聯接亞洲與歐洲的洲際量子通信網也將建成。

三大任務 全球首次

吳季表示，量子科學實驗衛星在軌期間要完成三大任務。包括衛星和地面絕對安全量子密鑰分發、驗證太空貝爾不等式和實現地面與衛星之間量子的隱形傳遞，這些科學目標都是非常前沿的。日本現準備做單方向的量子密鑰傳輸，加拿大也有類似計劃，歐洲在地面上已經

將量子糾纏分發做到了接近100公里，「但在太空進行量子科學實驗，中國將是第一」。

發射接收 超高精度

上述這些實驗，都將通過中國自主研發的星地量子通信設備完成。用盡量通俗的語言形容是，量子通信設備能夠產生經過編碼的、甚至是糾纏的光子並發射到地面上，與之對接的地面系統則負責「接收光子」，而這種被稱為「針尖對麥芒」的光子的發射和接收需要超高精度的精準、捕獲和跟蹤。

已經在地面上進行過的量子通信實驗，為何還要在太空中進行？吳季表示，在地面上的實驗，傳遞的距離受到限制，這令實驗尚存在一些爭議。到太空做實驗就是要把一對糾纏的光子拉得特別遠，超過1,000公里。「這個實驗如果能做成功，對基礎科學會有很大的影響，所以非常值得做。」吳季說，衛星在飛行的過程中，所攜帶的2個激光器要分別瞄準2個地面站，向2個方向同時傳輸糾纏量子對。中國科研人員採用一系列創新技術，使得量子衛星的對準精度可達普通衛星的10倍。中國的研製團隊已在地面上做過模擬仿真實驗，但還要到上天後才能知道最終成功與否。

望遠鏡衛星年底發射

硬X射線調制望遠鏡衛星是中國科學院空間科學先導專項首批立項的收官之作，預計將於今年底發射。吳季表示，這顆衛星將用於寬波段X射線(1-250keV)巡天，發現被塵埃遮擋的超大質量黑洞和未知類型天體，研究宇宙硬X射線背景輻射的性質。衛星將通過觀測黑洞、中子星、活動星系等高能天體，分析其光變和能譜性質，研究致密天體和黑洞強引力中物質的動力學和高能輻射過程。此外，還將探索利用X射線脈衝星實現航

巡天監測未知天體

天器自主導航的技術和原理。衛星將搭載高能X射線望遠鏡、中能X射線望遠鏡、低能X射線望遠鏡及太空環境檢測儀四個主要有效载荷。主要探測器的工作溫度差別大，數據採集路數非常多，探測技術新，探測模式多，工程研製面臨着嚴峻挑戰。從設計敏感器，到工藝，再到組成、調試，由中科院高能所為主要力量研製。中國科研人員立志要實現衛星研製的全部自主創新。

期待與港科學家合作

「非常希望香港科學家能夠參與到中國的太空科學計劃當中來。」吳季說。他對香港理工大學容啟亮教授團隊的印象深刻，直言非常欣賞容啟亮團隊在探月工程中研發的取樣器。目前，內地與香港在科學衛星任務上尚沒有實質性的合作。吳季也借本報向香港科學界發出邀請，希望容啟亮等香港科學技術團隊，未來可與內地科學家一起，共同參與中國科學衛星的研發工作。

在科學衛星的國際合作方面，中國與國際同行的交流合作愈發密切。2001年，中國與歐洲太空總署簽署雙星計劃合作協議，其目標是探測研究地球空間人類未探測的重要空間區域，研究地球空間磁場和粒子擾動變化的不同時空尺度的物理過程。這

是中國首個真正意義上的太空科學探測計劃，也是中國自主提出的首個重大國際合作探測計劃，實施10多年後依然發揮着重要引領作用。歐洲太空總署在未來仍是中國最為親密的合作伙伴。

衛星數據 全球共享

中國在太空科學領域的國際地位不斷提升，中國太空科學家越來越多地在國際組織與機構擔任重要職務，顯示出中國正在太空強國的道路上穩步前進。

中國的科學衛星計劃不僅將造福中國科學家。吳季表示，未來，經過任務的1年專有和處理期後，全世界的科學家都能拿到中國科學衛星數據。



■2015年12月24日，吳季(右一)在暗物質粒子探測衛星順利回傳第一軌科學數據現場。



■2016年4月18日，實踐十號衛星回收艙在內蒙古四子王旗著陸。

資料圖片

■2015年12月17日，搭載暗物質粒子探測衛星的長征二號丁運載火箭升空。資料圖片