

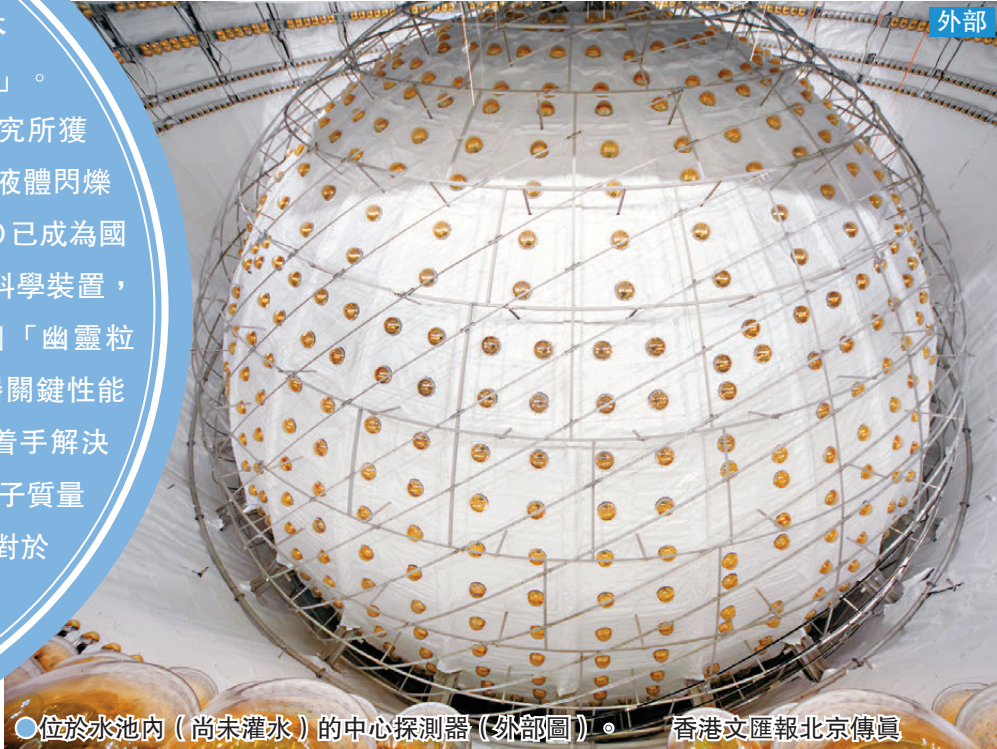
江門中微子實驗(JUNO)運行:解決粒子物理學領域未來十年難題

中國大科學裝置領先國際 地下700米捕獲「幽靈粒子」

香港文匯報訊（記者 劉凝哲

北京報道）中微子是組成物質世界最基本的粒子之一，因極難探測而被稱為「幽靈粒子」。

香港文匯報記者昨日從中國科學院高能物理研究所獲悉，江門中微子實驗（JUNO）已成功完成2萬噸液體閃爍體灌注，並正式運行取數。位於地下700米的JUNO已成為國際上首個運行的超大規模和超高精度中微子專用大科學裝置，科學家估計，JUNO一天可以「捉」到大約60個「幽靈粒子」，其試運行期間首批獲取的數據顯示，探測器關鍵性能指標全面達到或超越設計預期，這使JUNO能夠着手解決粒子物理學領域未來十年內的重大問題——中微子質量排序。通過大科學裝置認識、研究中微子，對於粒子物理、天體物理、宇宙學等基礎科學領域具有重要意義。



●位於水池內（尚未灌水）的中心探測器（外部圖）。 香港文匯報北京傳真



●中心探測器內部的有機玻璃球及光電信增管。 香港文匯報北京傳真

作為組成物質世界最基本的粒子之一，中微子共有三種，分別是電子中微子，繆中微子和陶中微子。大多數粒子物理和核物理過程都能產生中微子，例如核反應堆發電（核裂變）、太陽發光（核聚變）、天然放射性（貝塔衰變）、超新星爆發、宇宙射線撞擊大氣等。人們周圍充斥着大量中微子，每秒鐘約有1千萬億個來自太陽的中微子穿過每個人的身體，但由於它幾乎不與物質發生反應，中微子有大量謎團尚未解開，是發現新物理最重要的突破口之一。

將開啟探索未知物理新窗口

JUNO探測器位於廣東省江門市附近的地下700米處，可以探測53公里外台山和陽江核電站產生的中微子，並以前所未有的精度測量它們的能譜。與國際同類實驗相比，JUNO對質量順序的測定不受地球物質效應和其它未知中微子振盪參數的影響，並將顯著提高6個中微子振盪參數中的三個參數的精度。JUNO實驗使科學家能夠對來自太陽、超

新星、大氣和地球的中微子開展前沿研究，並將開啟探索未知物理的新窗口，包括對不活躍中微子和質子衰變的搜尋。

去年底探測器主體建設完成

JUNO的核心探測器為有效質量達2萬噸的液體閃爍體探測器（中心探測器），安置於地下實驗大廳44米深的水池中央。直徑41.1米的不鏽鋼網殼作為主支撐結構，承載了包括35.4米直徑的有機玻璃球、兩萬噸液體閃爍體、兩萬支20英寸光電信增管、兩萬五千支3英寸光電信增管以及前端電子學、電纜、防磁線圈和隔光板等眾多關鍵部件。遍布探測器內壁的光電信增管協同工作，探測中微子與液閃相互作用產生的閃爍光，並將其轉換為電信號輸出。

據介紹，JUNO的構想由中國科學院高能所2008年提出，2013年得到中國科學院戰略性先導科技專項（A類）支持，並在同年得到廣東省支持，2015年啟動隧道和地下實驗室建設。2021年12月完成實驗室建設並開始了探測器在地下實驗室的安裝建設，2024年12月探測器主體建設完成並開始灌注超純水與液體閃爍體。

確保灌注後立刻開啟運行取數

在灌注過程中，項目團隊首先在45天內完成超過6萬噸超純水的灌注，將內外有機玻璃球的液位差控制到厘米量級，流量偏差不得超過0.5%，有力保障了探測器主體結構的安全穩定。隨後歷經半年的精細操作，將2萬噸液體閃爍體精準注入直徑35.4米的有機玻璃球內，並同步完成原有純水的置換。尤為關鍵的是，超純水與液體閃爍體的超高潔淨度、透明度和極低放射性本底等特殊要求全部得到滿足。與此同時，項目團隊完成了探測器的調試優化，確保了探測器在灌注完成後立刻進入正式運行取數階段。

「完成JUNO探測器灌注並開始運行取數，是一個歷史性的里程碑。這是國際上首次運行這樣一個超大規模和超高精度的中微子專用大科學裝置，將使我們能夠回答關於物質和宇宙本質的基本問題。」中國科學院院士、JUNO合作組發言人王貽芳表示。

是得益於許多來自中國以外的研究團隊的富有成效的國際合作，將此前液體閃爍體探測設施的專業知識帶入JUNO，共同推動了該技術達到極限邊界，為實驗宏偉的物理目標開闢了道路。」

設計使用壽命可達30年

據介紹，JUNO的設計使用壽命可達30年，後期可升級改造為世界最靈敏的無中微子雙貝塔衰變實驗。這樣的升級將探測中微子絕對質量，檢驗中微子是否為馬約拉納粒子，從而解決粒子物理、天體物理和宇宙學的前沿交叉熱點難題，並深刻影響人們對宇宙的理解。

話你知

Q:中微子為什麼被稱為「幽靈粒子」？

A：作為構成物質世界的基本粒子之一，中微子不僅是宇宙中最古老、數量最多的物質粒子，還因質量極輕、運動速度接近光速且幾乎不與任何物質發生反應而極具神秘色彩，而被稱為「幽靈粒子」。從1956年人類發現中微子以來，對中微子的探索與研究從未停止，然而由於中微子極難探測，使其至今還有很多未解之謎。通過大科學裝置認識、研究中微子，對於粒子物理、天體物理、宇宙學等基礎科學領域具有重要意義。

Q：JUNO的目標是什麼？

A：JUNO實驗的首要目標是確定中微子質量順序，即3種中微子哪個最重。中微子質量順序是中微子的內稟屬性之一，是所有粒子物理模型都必須面對的問題。此外，JUNO並同步進行超新星中微子、地球中微子、太陽中微子、大氣中微子、質子衰變等多項重大前沿交叉研究。

Q：JUNO的建設中創造了哪些新紀錄？

A：江門中微子實驗建成了國內跨度最大的深埋地下洞室，自主研發了探測效率國際最高的新型20英寸光電信增管，研製了透明度國際最高的液體閃爍體。容納2萬噸液體閃爍體的有機玻璃球形容器直徑35.4米，厚12厘米，為國際最大。

Q：什麼是液體閃爍體？

A：探測中微子需要靶，中微子與設定的靶發生相互作用才能產生信號，這個信號就是正電子加中子，我們需要把這個信號讀出來，就是所謂的中微子信號。

液體閃爍體的特殊性在於它含有的質子數量非常多，中微子跟質子發生反應的幾率比較高，大量的液體閃爍體相當於密集的靶，中微子打上去就會產生信號。我們收集到正電子加中子，就知道來了中微子，發生了反應。中微子和質子碰撞時，產生的中子和正電子通過電離損失能量，損失的能量會變成光，這些光信號被探測器內部的光電信增管捕捉和放大，然後被記錄和分析。所以液體閃爍體既是靶，也是探測介質。

整理：香港文匯報記者 劉凝哲

項目成員來自17國家和地區

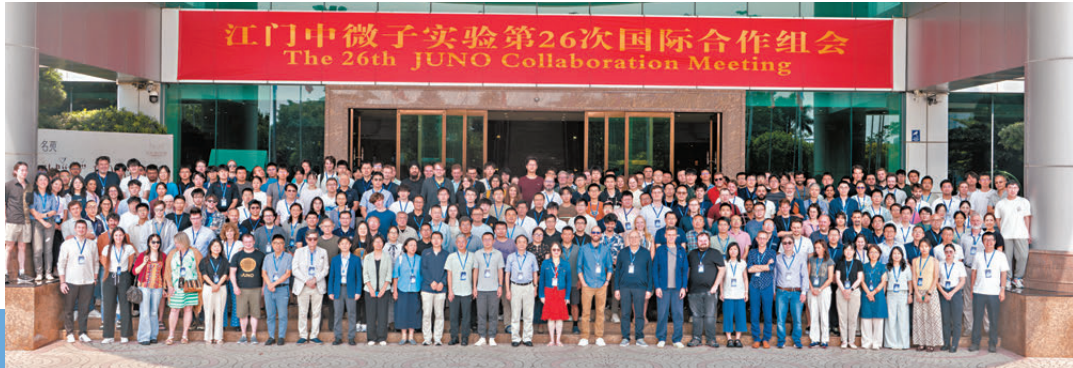
香港文匯報訊（記者 劉凝哲 北京報道）江門中微子實驗JUNO的建設逾10年，被譽為是中國科研人員在地下700米創造的奇跡。「建設JUNO是一段充滿非凡挑戰的旅程，不僅需要新的想法和技術，還需要多年的精心規劃、測試和堅持，滿足材料純度、穩定性和安全性等嚴格要求，需要數百名工程師和技術人員的奉獻。」JUNO總工程師馬曉妍表示，團隊協作和忠誠使

JUNO大膽的設計變成了一個功能齊全的探測器，「如今它已經準備好為中微子世界打開一扇新的窗口」。

JUNO是一個中國科學院高能物理研究所主導的重大國際合作項目，成員涵蓋來自17個國家和地區、74個科研機構的700名研究人員。JUNO副發言人、意大利米蘭大學及國家核物理研究所（米蘭）教授Gioacchino Ranucci表示：「我們今天宣布的這一重要成就，也

●江門中微子實驗第26次國際合作組會嘉賓合影。

香港文匯報北京傳真



每五輛車有兩個充電樁 中國建成全球最大充電網

香港文匯報訊（記者 任芳頤 北京報道）國新辦26日舉行發布會，介紹「十四五」時期能源高質量發展成就。據介紹，「十四五」以來，中國建成了全球最大的電動汽車充電網絡，每5輛車就有2個充電樁。構建起全球最大、發展最快的可再生能源體系，可再生能源發電裝機佔比由40%提升至60%左右，全社會用电量中，每3度電就有1度綠電。

充電基礎設施1669.6萬個

國家發展改革委黨組成員、國家能源局局長王宏志介紹，「十四五」前四年，中國能源消費增量已達「十三五」五年增量的1.5倍，預計五年新增用电量將超過歐盟的年度用电量。「我們加快能源產供儲銷體系建設，有效滿足了快速增長的能源需求。2024年全國發電量超10萬億千瓦時，佔全球三分之一，能源生產總量折合約50億噸標準煤，佔比超全球五分之一，保障了能源供應『量足價穩』。」王宏志說。「十四五」期間，中國建成了全球最大的電動汽車充電網絡，每5輛車就有2個充電樁，老百姓充電更省心。

「十四五」以來，以電動汽車等「新三樣」為代表的先進製造業，以及以人工智能、大數據等為代表的數字產業帶動了中國用電需求的快速增長。國家能源局電力司司長杜忠明介紹，從能源消費結構看，「十四五」以來，電能佔終端能源消費比重提升4個百分點左右。截至7月底，中國充電基礎設施數量達1,669.6萬個，是「十三五」末的10倍，規模世界領先。目前全球一半以上的新能源汽車行駛在中國，綠色低碳的出行理念和能源消費方式深入人心。

用每3度電就有1度綠電

「算力的背後是電力。」杜忠明表示，人工智能等新興產業的快速發展離不開可靠、綠色的電力保障。中國有序推動綠電和算力深度融合，根據算力基礎設施布局，統籌新能源集成式發展、綠證綠電交易和綠電直連等方式，讓數據中心更多使用綠色電力。

據介紹，「十四五」是綠色低碳轉型最快的五年，中國構建起全球最大、發展最快的可再生能源體系，可再生能源發電裝機佔比由40%

提升至60%左右，風電光伏每年新增裝機先後突破1億、2億、3億千瓦關口，實現台階式躍升發展，發展速度和力度前所未有。全社會用电量中，每3度電就有1度綠電。中國出口的風電光伏產品，「十四五」期間累計為其他國家減少碳排放約41億噸，為全球低碳轉型作出了重大貢獻。

王宏志指出，「十四五」期間，中國能源科技創新取得更大突破，新能源等技術裝備領跑全球，新能源專利數佔全球四成以上，光伏轉換效率、海上風電單機容量等不斷刷新世界紀錄，短短幾年，新型儲能規模躍居世界第一。

「7月，中國單月用电量首次突破1萬億千瓦時大關，相當於日本全年的用电量總和。」王宏志表示，中國能源供應保障能力與韌性已經達到較高水平，實現了消費增量90%以上由國內自主保障。特別是，新能源發揮了重要作用，新能源發電量增量佔全國新增發電量的近50%，推動非化石能源供應總量增長近50%，中國能源自主供應的「基本盤」更加穩固、「含綠量」不斷提升。