

江門中微子實驗 首個物理成果登上國際頂刊封面

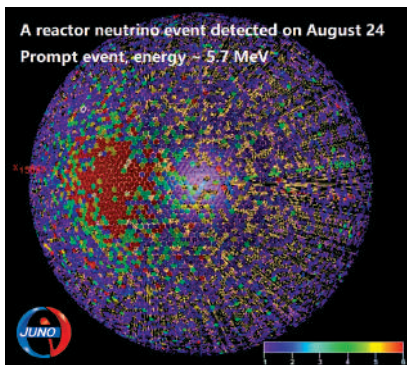
「幽靈粒子」振盪精確測量時代到來

大國創新

6月10日，江門中微子實驗（JUNO）首個物理成果「精確測定中微子的兩個振盪參數 θ_{12} 和 Δm_{21}^2 」以封面文章形式在國際頂級學術期刊《Nature》（《自然》）正式刊出。科研人員通過對2025年8月26日至11月2日共59天有效數據的分析，完成兩項關鍵振盪參數的高精度測量，相較於過去數十年多項實驗的綜合結果，精度提高了1.6倍。

《Nature》配發的國際同行評價文章指出，「理解中微子的行為對於在最小尺度上建立物質和力的完整描述至關重要。江門中微子實驗的首個結果的分析讓人信服，未來將能夠確定質量排序。這標誌着中微子振盪精確測量時代的到來，並有望為這些神秘基本粒子的特性提供新的見解」。

大公報記者 劉凝哲報道



▲江門中微子實驗探測到的一個反應堆中微子事例示意圖。新華社

江門中微子實驗在新時代的關鍵地位，對三代中微子振盪框架檢驗、全局振盪數據擬合，以及未來中微子質量順序測定具有直接意義。

江門中微子實驗項目經理和發言人王貽芳院士此前在接受大公報記者採訪時表示，江門中微子實驗能夠在僅2個月的時間內完成如此高精度的測量，表明JUNO探測器的性能完全符合設計預期。其前所未有的測量精度使人們可以很快確定中微子質量順序。

諾獎得主讚：向新物理現象前進

此外，JUNO的探測器性能文章已於今年4月以封面文章形式在

《中國物理C》正式刊出。因發現太陽中微子振盪獲2015年諾貝爾物理學獎的麥克唐納教授對此文評價道：「江門中微子實驗現已圓滿達成全部設計指標，實現了極高的本底放射性潔淨度、優異的能量分辨能力與探測器長期穩定性。實驗裝置已全面投入運行，即將向着宏大的科學目標穩步推進：測定中微子質量順序、精確測量中微子振盪參數、探測各類天體與自然源中微子，並尋找超越基本粒子標準模型的新物理現象。」

據介紹，JUNO還將開展對太陽、超新星、大氣及地球中微子的研究。

JUNO的設計使用壽命為30年，可升級改造為世界最靈敏的無中微子雙貝塔衰變實驗，以檢驗中微子是否為自身的反粒子，並探測中微子的絕對質量。



▲《Nature》期刊封面刊出江門中微子實驗首個物理成果。受訪者供圖

江門中微子實驗意義

- 研究超新星中微子、地球中微子、大氣中微子、太陽中微子、惰性中微子等，不僅能對理解微觀的粒子物理規律作出重大貢獻，也將對宇宙學、天體物理，乃至地球物理作出重大貢獻。
- 測量中微子質量順序，精確測量中微子混合參數，使檢驗中微子混合矩陣的幺正性、發現新物理成為可能。

大公報記者劉凝哲整理



▲江門中微子實驗中心探測器內部的有機玻璃球及光電倍增管。

▶6月10日，江門中微子實驗（JUNO）首個物理成果在《Nature》刊出。圖為江門中微子實驗中心探測器。

多年攻關 打破多項國外技術壟斷

不懈努力

江門中微子實驗（JUNO），由中國科學院高能物理研究所於2008年提出構想，經過十餘年的設計和建設，2025年8月正式運行，成為國際上首個建成的新一代超大型、超高精度的中微子實驗裝置。

JUNO位於廣東省江門開平金雞鎮打石山下700米深處，距離台山和陽江核電站各53公里。陽江核電站共6個反應堆，台山核電站共2個反應堆，均已投入商業運行。對中微子研究而言，反應堆熱功率越大，釋放的中微子數目就越多，實驗精度就越高。陽江與台山核電站反應堆群有效的總熱功率為世界第一。因此，JUNO被認為是世界上最適合利用核反應堆測量中微子質量順序的地方。

總師：為中微子世界打開新窗口

JUNO的建設充滿挑戰。在中國科學院高能物理研究所於2008年提出構想後，JUNO在

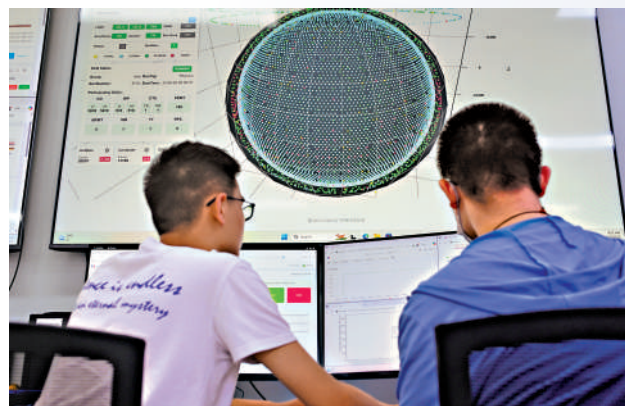
2013年得到中國科學院戰略性先導科技專項（A類）及廣東省人民政府的支持；2014年得到國際合作組多個國家的批准和經費支持，2015年啟動隧道和地下實驗室建設。

2021年12月完成實驗室建設並開始探測器安裝，2024年12月探測器完成建設並開始灌注超純水與液體閃爍體。為了實現中微子研究的夢想，JUNO研發團隊歷經多年攻關，打破多項國外技術壟斷，在高探測效率光電倍增管、超高透明度液體閃爍體、超低本底材料和精密刻度系統等核心領域實現重大突破。

JUNO總工程師馬驥妍表示，建設JUNO是一段充滿非凡挑戰的旅程。這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。團隊協作和忠誠使JUNO這個大膽的設計變成了一個功能齊全的探測器，它已經準備好為中微子世界打開一扇新的窗口。



▶江門中微子實驗工作人員在純水間監測超純水處理情況。新華社



▶科研人員在江門中微子實驗運行控制室共同操作啟動物理取數。新華社

地下700米研學 讓學子走近大國重器

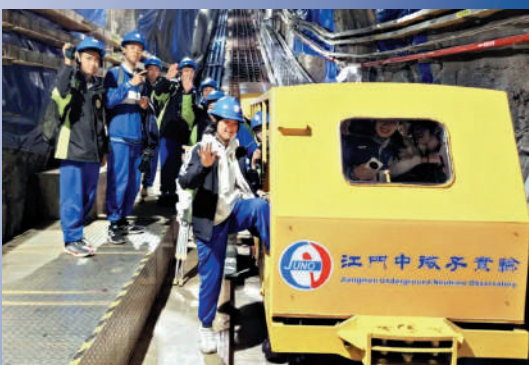
科普服務

2025年底，廣東省發布十大「標桿型」遊學基地，其中就包括江門中微子實驗室。據報道，JUNO已迎接了多批研學團，同學們深入700米的地下，實地感受中微子科研的魅力。

據報道，研學團的成員們坐上通往地下的列車，一步步走進遠離地表的中微子「科研戰場」。在工作人員的講解中，同學們了解到，JUNO的每一顆螺絲、每一塊錶盤、每一滴超純水，都承載着中國科學家的夢想與堅守；為了捕捉中微子穿過

液體閃爍體時產生的微弱藍光，基地打造了直徑35.4米的有機玻璃球探測器，4萬餘隻光電倍增管如同精密的捕捉器，在極致純淨的環境中等待着宇宙送來的微弱信號。

科研人員還為同學們帶來一系列妙趣橫生又蘊含深刻原理的科學實驗探索課程。從探秘超純水到解密中微子捕獲、從驗證花崗岩的防禦優勢到揭秘防塵服的工作原理，同學們在一個個看似簡單卻意義非凡的互動中直觀地感受到科學的嚴密、科技的偉力、科研的不易。



▶到JUNO研學的同學們坐軌道車下井，進入地下實驗室。

「歡迎未來更多香港科學家參與」

學術合作

位於大灣區的江門中微子實驗是中國科學院高能物理研究所領導的重大國際合作項目，成員涵蓋來自17個國家和地區、75個科研機構的700多名研究人員。中國科學院高能物理研究所所長曹俊在接受大公報記者採訪時表示，早在大亞灣中微子實驗時期，香港科研團隊就深度參與了相關研究。他歡迎未來更多香港科學家和科學家一起參與到JUNO中來，共同進行中微子前沿研究。

JUNO的建成讓參與合作的多國科學家們倍感驕傲。「作為JUNO機構委員會主席，看到這一全球努力達到這樣的里程碑，我感到非常自豪。」法國斯特拉斯堡大學和法國國家科學研究中心的Marcos Dracos說，JUNO的成功反映了整個國際團隊的投入和創造力。

JUNO標識創意 由台學者提出

意大利米蘭大學和意大利國家核物理研究院的研究員、JUNO副發言人Gioacchino Ranucci表示，JUNO的首個物理成果，見證了JUNO合作組過去十多年努力的成功。多國科學家共同建造了一個最先進的探測器，結合了許多尖端技術，這將在未來幾年主導中微子物理學領域，提供精確度極高的結果。許多因素促成了JUNO的成功，其中，來自世界各地的團隊在液體閃爍體探測器和相關分析技術方面的經驗和專業知識的融合，對於實現JUNO前所未有的性能水平至關重要。

值得一提的是，在中國人探索中微子的前沿科學的道路上，也有港澳地區合力。據了解，在JUNO的建設時期，有台灣科學家深入參與了中心探測器的建造，與大陸科學家一起在地下實驗室共同工作。他們對JUNO也有很深刻的感情，甚至提出了JUNO標識的創意。