

中國散裂中子源二期工程啟建

超級顯微鏡上新 實驗效率大提升

中國散裂中子源二期工程正式啟動，「超級顯微鏡」即將上新。香港文匯報記者從中國科學院高能物理研究所30日在廣東東莞舉行國家重大科技基礎設施中國散裂中子源二期工程啟動會上獲悉，二期工程建成後，裝置研究能力將大幅提升，實驗精度和效率將顯著提高，能夠為探索科學前沿，解決國家重大需求和產業發展中的關鍵科學問題提供科技利器。

◆香港文匯報記者 劉凝哲 東莞報道



◆中國散裂中子源二期工程正式啟動建設。



◆中國散裂中子源裝置航拍圖。

香港文匯報東莞傳真

中國散裂中子源被譽為探索物質材料微觀結構的「超級顯微鏡」。據介紹，二期工程主要建設11台中子譜儀和實驗終端，建成後中子譜儀數量將增加到20台，並新增國內首台繆子實驗終端和高能質子實驗終端；同時，加速器打靶束流功率將從一期的100千瓦設計指標提高到500千瓦，這意味著實驗效率有望提升現階段的五倍。

建設周期5年多 料2029年完成

中國科學院高能物理研究所副所長、中國散裂中子源二期工程總指揮王生介紹，二期工程初步設計概算於2024年1月9日獲國家發展改革委批覆，建設周期為5年9個月。建成後，裝置在同等時間內能產生更多中子，不僅能有效縮短實驗時間，還能使實驗分辨率更高，能夠測量更小的樣品、研究更快的動態過程。

作為粵港澳大灣區首個國家重大科技基礎設施，中國散裂中子源為粵港澳大灣區建設綜合性國家科學中心、打造國際科技創新中心提供了重要科技內核。中國散裂中子源二期工程將有力地推動粵港澳大灣區的原始創新能力，將和其他大科學裝置形成集群優勢，為粵港澳大灣區科技發展和產業升級作出貢獻。



成果產出豐碩 用戶需求增加

中國散裂中子源2018年完成國家驗收、投入運行以來，用戶迅速增加，目前註冊用戶已超過6,000人，機時供不應求。截至目前，已完成1,500餘項（含港澳地區及國外100餘項）用戶實驗課題，涵蓋了能源、物理、材料、工程等多個前沿交叉和高科技研發領域，在航空航天關鍵部件應力檢測、鋰離子電池、太陽能電池結構、稀土磁性、新型高溫超導、功能薄膜、高強合金、芯片單粒子效應等重點

領域取得了一批科技創新成果。正是由於散裂中子源豐碩的成果產出和強烈的用戶需求，二期工程得以快速立項並啟動建設。

值得一提的是，中國散裂中子源二期工程已經在關鍵技術預研方面取得重要進展，國內首台高功率高梯度磁合金加載腔已正式投入運行，P波段大功率速調管順利通過驗收；此外，中子探測器、中子導管、中子極化器的研製也取得了突破，為中國散裂中子源二期工程的成功建設奠定了堅實的技術基礎。



△二期工程建成後中子譜儀總數將達到20台。圖為中國散裂中子源靶站譜儀大廳。

△中國科學院高能物理研究所副所長、中國散裂中子源二期工程總指揮王生接受採訪。

話你知道

100多年前，科學家發現原子由原子核和電子組成，後來又發現

原子核由質子和中子組成，從二十世紀六十年代開始，科學家逐步發現組成原子核的質子和中子是由更深層次的粒子——夸克組成的。在不斷深入到物質微觀結構新層次的研究過程中，物質結構理論取得重大突破，並且帶動重大技術發明，人們現在用的半導體、電視、手機、電腦、激光以及全球定位系統，都是以二十世紀物理學的研究成果為基礎發展起來的。

作為一台「超級顯微鏡」，散裂中子源以中子為「探針」，看穿材料的微觀結構。

生產收集「自由中子」

中子在人類周圍到處都存在，但這些中子都被束縛於原子核中，無法自由運動。要用中子做「探針」，就需要自由的中子。自由的中子從何而來？這就需要專門產生大量自由中子的裝置，可以通俗地稱之為產生中子的「工廠」。散裂中子源就是這樣一類「工廠」，它通過高能質子束去轟擊重金屬靶，發生散裂反應，從而產生高通量短脈衝中子束流。

中國散裂中子源一期建設內容包括一台8,000萬電子伏特的直線加速器、一台16億電子伏特快循環同步加速器、一個靶站，以及3台供科學實驗用的中子散射譜儀。其工作原理是將質子加速到16億電子伏特，速度相當於0.92倍光速，把質子束當成「子彈」，去轟擊重金屬靶。金屬靶的原子核被撞擊出質子和中子，科學家通過特殊的裝置「收集」中子，開展各種實驗。正在建設中的二期工程，將加速器打靶束流功率從一期的100千瓦設計指標提高到500千瓦，其實驗效率有望提升現階段的五倍。

以中子作「探針」
看穿微觀結構

多物理譜儀：粵港團隊共建 科創合作典範

中國散裂中子源是粵港澳大灣區首個國家重大科技基礎設施（大科學裝置），也是世界上第四台脈衝式散裂中子源。其中，多物理譜儀是散裂中子源首個合作譜儀，由散裂中子源科學中心、東莞理工學院、香港城市大學共同建設，這也被認為是粵港澳科研合作的典範。

用於材料結構研究

中國科學院高能物理研究所副所長、中國散裂中子源二期工程總指揮王生在接受香港文匯報採訪時表示，多物理譜儀2021年已建成開放，其建設非常成功，在基礎研究和產業應用等方面已取得多項成果。

多物理譜儀是一台中子全散射譜儀，可用於不同有序度材料的結構研究。王生介紹，散裂中子源一期建成三台譜儀後，用戶依然有着強烈需求，在東莞理工學院、香港城市大學共同支持下，多物理譜儀順利建設。

助提升鋰電池性能

談及多物理譜儀在產業應用領域的成果，王生介紹，某國內頭部新能源汽車企業希望通過中國散裂中子源平台進一步提升汽車鋰電池的性能。多物理譜儀通過中子原位觀察鋰電池的充放電過程，首次揭示了其電池產品在充放電過程中碳電

化合物的分布情況。王生表示，該研究為提升現有鋰電池的性能與新產品研發開拓了新視野。

「多物理譜儀在建成開放的第一年，其研究論文就發表在兩大頂刊上」，王生說，這台譜儀是散裂中子源與香港科研團隊合作的典型案例，其他方面也有着深入廣泛的合作。

王生表示，散裂中子源在與香港合作方面還有很多的空間。在二期工程的多台譜儀中，兩地合作還有很大的潛力，不僅是合作譜儀的建設，還可以為香港學者提供更多的實驗條件。



▶位於東莞市人民醫院的硼中子治療中心。網上圖片

衍生抗癌「第五療法」今年開展臨床實驗

在中國散裂中子源的建設及運行過程中產生的大量新技術，正服務於經濟社會發展，其中一項被稱為「二元靶向藥」、「第五療法」的硼中子俘獲療法（Boron Neutron Capture Therapy，簡稱BNCT）更備受很多惡性腫瘤患者及家屬的期待。王生表示，依託散裂中子源工程技術，基於加速器的第一台BNCT正式臨床裝置已在東莞市人民醫院建成，計劃在今年開展臨床試驗，並力爭早日在國內正式進入市場治療癌症患者。

硼中子俘獲法 精準摧毀癌細胞

據介紹，硼中子俘獲療法，是一種利用中子與腫瘤內硼元素發生核反應所產生的重離子來摧毀癌細胞的放射性療法，是射線與藥物結合的二元、靶向、細胞級精準的治療，也是國際

最前沿的抗癌技術之一。使用這種治療時，醫護人員會先給病人注射一種含硼的藥物，這種藥物與癌細胞有很強的親和力，會迅速聚集於癌細胞內，相當於給癌細胞做「標記」，而在其他正常組織內分布較少。隨後給病人進行中子照射。當照射的中子被癌細胞內的硼俘獲，產生高殺傷力的α粒子和鋰離子，便可精準「殺死」癌細胞。

依託散裂中子源工程技術，中國科學院高能物理研究所於2020年8月13日成功研製具有完全自主知識產權的基於加速器的BNCT實驗裝置，這一裝置不僅為醫用BNCT設備提供工程驗證和積累設計、優化、運行經驗，還為加速器、中子產生靶、中子束流整形體、劑量監測設備、治療計劃等研發提供實驗與測試條件。

完成11輪開放 運行時間冠全球

2018年，中國散裂中子源正式投入運行，目前已完成11輪開放，每年運行時間超過5,000小時。王生介紹，為了盡可能多地滿足用戶需求，裝置24小時運行，除每週一天的檢修和暑期兩個多月的檢修，裝置都在高效率運行。「中國散裂中子源的運行時間是世界上最長的，實際運行效率達到97%」，王生表示，散裂中子源實際運行時間與計劃運行時間的比值數字越高，意味著設備故障率越低、穩定性越好。

據介紹，2023年，散裂中子源全年完成376項用戶實驗，其中，有多篇學術論文在國內外一線學術期刊發表，遠超國外散裂中子源相同階段的成果產出水平，在航空航天、磁性量子材料、新能源、高性能合金、信息材料等眾多領域，產出了一批重大原創成果。

散裂中子源主要科學成果

◀ 國家重大需求方面 ▶

航空器件控制器大氣中子效應測試；國產高鐵車輪評價；船舶部件研究；航空航天鋁基複合材料研究等

◀ 世界科技前沿方面 ▶

新型碳基材料結構演化機理；龐壓卡材料反常壓熱機理研究；高性能催化材料結構構效；固態離子電池機理研究

◀ 經濟主戰場方面 ▶

電動車電池研發；頁岩油存儲評估；聚合物太陽能電池研發；芯片單粒子效應檢測等

◀ 人民生命健康方面 ▶

mRNA疫苗研發、核酸藥物研發、硼中子俘獲腫瘤靶向治療等