

先进阿秒激光设施建设示意图。黄政正摄



东莞松山湖城市地标建筑。

## 松山湖畔，“源源”不断

大湾区、大装置、大未来。近日，在香港举行的南方先进光源指导委员会第三次会议上，散裂中子源科学中心与港澳地区8所高校签订合作协议，推进合作建设粤港澳大湾区同步辐射光源——南方先进光源。而就在不久前，先进阿秒激光设施获得概算批复，即将在东莞松山湖科学城开工建设。

巍峨山下，包括目前已进入二期项目建设的中国散裂中子源在内，松山湖科学城大科学装置集群正加速成型。散裂中子源、先进阿秒激光、南方先进光源……东莞松山湖畔，“源源”不断，为大湾区综合性国家科学中心和粤港澳大湾区国际科技创新中心建设提供重要支撑。

### “超级显微镜”成果丰硕

在位于东莞松山湖科学城的中国散裂中子源靶站大厅，一处实验操作间内，科研人员正聚精会神地操作电脑，细致分析由能量分辨中子成像谱仪传输回来的数据和图像。屏幕上，一件考古文物的3D模型缓缓旋转，其内部结构在中子成像技术的审视下逐渐显露。

去年，中国散裂中子源的能量分辨中子成像谱仪成功出束，标志我国拥有了集高分辨成像与衍射功能于一体的实验平台。

“中子成像技术对于文化遗产的无损检测，堪称一项革命性突破。”中国散裂中子源成像谱仪助理研究员杨陆峰介绍，该技术不仅能够深入探查珍贵文物内部的复杂结构，还能揭示文物历经数百年乃至数千年岁月侵蚀后形成锈蚀与腐化的机制，从而为文物保护与保护工作提供科学支撑。

中国散裂中子源是落地粤港澳大湾区的国家重大科技基础设施。它就像一种“超级显微镜”，通过高能粒子撞击重金属靶体，散裂出大量中子，再利用中子作为“探针”，探究物质材料的内部微观结构和运动。

中国散裂中子源向全世界研究机构和科学家开放，自2018年投入运行以来，用户申请便迅速增加，机时供不应求。截至目前，中国散裂中子源的累计注册用户达7117人，其中1/3来自粤港澳大湾区，已完成1700多项用户实验课题，在航空航天、高铁船舶、新能源、磁性量子材料、高性能合金、高分子、信息材料等重点领域，取得了一批重要科学成果。

面向前沿科技和高薪产业，特别是国家重大战略需求，中国散裂中子源是先进且不可替代的研究平台。

在航空航天领域，大气中子谱仪以10亿倍加速模拟中子辐照环境，为解决电子元器件在大气层内和地面的失效问题提供重要手段，为飞机适航论证和航空器安全保障提供研究平台；在交通领域，工程材料中子衍射谱仪对国产高铁车轮进行内部深层残余应力测

量，给出高铁车轮完整的应力数据，对提升高铁安全性和性能具有重要意义；在锂离子电池领域，科研人员可以利用通用粉末衍射谱仪和多物理谱仪进行实时原位测量，研究汽车锂电池的结构特征和锂离子在充放电循环过程中的运输行为，为锂电池性能提升和新型电池研发提供重要技术支撑。

“来自高校、科研单位和产业界的用户，以及一些国家重大项目，对散裂中子源都有非常迫切的需求，很多关键问题只能在散裂中子源上进行研究。”中国科学院高能物理研究所研究员李锐说，在中国散裂中子源二期项目启动之前，这里就已经开展了8台合作谱仪的建设，旨在满足用户需求。目前8台合作谱仪已全部完成建设，将于近期开放运行。

### “国之重器”升级上新

“大科学装置建设经费高昂，规模庞大，且高度依赖专业人才，因此多以集群形式存在。”李锐说，松山湖大科学装置也正朝此方向发展，力求在未来科研领域占有一席之地。

今年1月，中国散裂中子源二期工程在松山湖科学城启动建设。作为国家重大科技基础设施，项目主要建设11台中子谱仪和实验终端，建成后中子谱仪数量将增加到20台，并新增缪子源实验终端和高能质子实验终端。

中国科学院高能物理研究所副所长、中国散裂中子源二期工程总指挥王生介绍，二期工程建设周期为5年9个月，预计将于2029年竣工。建成后，加速器靶束流功率从一期的100千瓦设计指标提高到500千瓦，意味着在同等时间内能产生更多中子，不仅能有效缩短实验时间，还能使实验分辨率更高，能够测量更小的样品、捕捉更快的动态过程。“届时，中国散裂中子源的研究能力将基本覆盖中子散射所有应用领域。”王生说。

毗邻中国散裂中子源，刚刚获批建设的先进阿秒激光设施，将为松山湖科学城大科学装置集群建设重磅加码。

“阿秒”是一个极为短暂的时间单位，是一秒钟的百亿亿分之一。先进阿秒激光设施可用于观测电子运动，是电子动力学研究的重要工具，为研究物理、化学、材料、信息、生物医学等学科中的重大基础科学问题提供崭新技术手段。2023年诺贝尔物理学奖，就颁发给了阿秒激光领域的科学家。

松山湖材料实验室主任汪卫华介绍，中国科学院物理研究所作为装置建设法人单位，携松山湖材料实验室，在松山湖建设先进阿秒激光设施，其中6条束线及实验系统将落地东莞。该设施建成后，将成为阿秒激光大科学装置。

为建设管理运行好先进阿秒激光设施，中国科学院物理研究所已联合松山湖材料实验室成立了阿秒科学中心，聚集了一大批国内

外优秀的研究人员和工程技术人员，希望依托先进阿秒激光设施建成一个超快物质科学的国际化研究中心，协同中国散裂中子源等大科学装置，在能源材料、信息材料及基础物理等领域做出国际一流的成绩。

### “出色拍档”呼之欲出

在北京怀柔，大科学装置——高能同步辐射光源(HEPS)正在紧锣密鼓地建设中，预计今年内将发射第一束光。

而在松山湖科学城，南方先进光源也正积极筹划建设，未来将成为中国散裂中子源的“出色拍档”。

中国散裂中子源和南方先进光源分别以中子和X射线为“探针”，观察物质微观结构和运动。中子不带电，穿透性强，具有磁矩，与原子核发生相互作用，能分辨轻元素、同位素和近邻元素。X射线能与原子核外电子发生相互作用，具有连续光谱、高强度、高度准直、高度极化、特性可精确控制的特点。从世界范围看，把散裂中子源和同步辐射光源放在一起是国际上已被证实的出色组合。这不仅可以提供更为丰富和完备的研究手段，还能在支撑高新技术产业、吸引尖端人才、促进学术交流合作等方面发挥巨大的综合效应。

“大湾区有大量研究工作需要借助同步辐射光源，迫切需要建设一个同步辐射光源装置。”王生进一步介绍，目前，项目团队已完成第四代衍射极限同步辐射光源的物理方案

### 延伸阅读

## 中国散裂中子源：“把脉”新能源企业 助力锂电池研究

随着新能源车的普及，锂电池作为新能源产业的核心部件，其性能与安全性备受关注。如何高效且无损地检测锂电池内部结构及其材料反应，是行业面临的共同挑战。

中子，这一微小而充满力量的粒子，以其独特的穿透能力，为解决这一难题提供了新思路。

依托中国散裂中子源，科研人员通过原位观察锂电池的充放电过程时，发现了电池在充放电过程中存在碳锂化合物分布不均匀现象，颠覆了业内此前的认识，为锂电池的性能改进和提升开拓了新视野。

电动汽车电池体积庞大且内部反应不均匀，中国散裂中子源的能量分辨中子成像谱仪在检测中发挥了关键作用。它能精确测量电池在不同循环寿命、反应阶段及服役周期下的不均匀性反应程度，为企业提供详尽数据支持，助力电池性能优化。

“在新能源产业快速发展的背景下，中国

设计和优化，开展了一批关键技术预研工作，并取得重要的阶段性成果。此外，通过前期广泛的用户调研，特别是考虑到粤港澳大湾区未来科技和产业发展的需求，项目已首批规划建设10条光束线站，与中国散裂中子源联合，进一步提高实验支撑能力。

由国内代表性用户及同步辐射研究领域专家组成的南方先进光源指导委员会，已多次召开用户会议，加快推进项目建设进程。

“与怀柔的高能同步辐射光源不同，南方先进光源定位于中能区，这类光源装置在国际上数量多，支撑领域也更广泛。”李锐介绍，凭借一系列物理和技术上的创新，南方先进光源的设计指标在全球同类装置中已跻身前列，达到国际领先水平。无论是物理方案、关键技术，还是人才队伍等各方面的保障，项目都已做好充分准备。

“如果南方先进光源顺利获批立项，与中国散裂中子源、阿秒激光装置共同形成集群效应，这里无疑将成为全球领先的物质科学研究研究中心之一。”李锐说，规划大科学装置，采取“建设一代、规划一代”的策略是常态，松山湖科学城大科学装置集群具备显著的后发优势。从大科学装置的科学寿命来看，松山湖科学城有望在物质科学领域保持30年的领先地位。

产业应用也在同步推进。“我们已与粤港澳大湾区多家头部企业达成合作协议，并期待能进一步深化合作。”李锐说。

“如果南方先进光源顺利获批立项，与中国散裂中子源、阿秒激光装置共同形成集群效应，这里无疑将成为全球领先的物质科学研究研究中心之一。”李锐说，规划大科学装置，采取“建设一代、规划一代”的策略是常态，松山湖科学城大科学装置集群具备显著的后发优势。从大科学装置的科学寿命来看，松山湖科学城有望在物质科学领域保持30年的领先地位。

散裂中子源凭借精确且高效的无损检测技术，在锂电池研究方面展现出极高应用价值。”李锐表示。

能量分辨中子成像谱仪不仅具有深穿透、轻元素灵敏等独特优势，还能与X射线成像互补，共同为科研和工业生产提供更全面、精准的检测手段。

杨陆峰表示，目前，中国散裂中子源已与全国多家电池类企业达成合作协议，在电动汽车锂电池等大型产品的研发与制造方面取得显著成果。

未来，能量分辨中子成像谱仪将致力于服务国家发展战略需求，助力粤港澳大湾区的科技发展产业升级，在新能源、高端装备制造等领域的材料和机器部件的研发设计、加工制造、运行与服役性能评价等方面发挥重要作用。同时，该仪器将广泛应用于文化遗产和考古、植物生理学、地质、深海等特色研究领域。

(图文及数据来源：松山湖科学城)



中国散裂中子源科研人员演示用能量分辨中子成像谱仪进行电池检测。



中国散裂中子源。黄政正摄



中国散裂中子源靶站大厅。黄政正摄



松山湖材料实验室。黄政正摄



东莞松山湖俯瞰图。