



十三届全国人大二次会议  
全国政协十三届二次会议

特别策划  
科技创新面面观

# 两会

## 中国散裂中子源

### 「超级显微镜」带你格物探微

本报记者 李大庆  
通讯员 张玮



中国散裂中子源总指挥、工程经理、中科院院士陈和生  
受访者供图

3月2日,继物理学家、诺贝尔奖获得者杨振宁到访后,位于广东东莞的中国散裂中子源基地又迎来了新一波参观的客人。中科院院士陈和生向来访的外国驻港代表团、商会、媒体考察团一行详

细介绍了粤港澳大湾区的首个国家重大科技基础设施——中国散裂中子源(CSNS)。今年春节前夕,CSNS圆满完成了首轮开放运行任务,加速器束流功率提升至50千瓦以上。CSNS工

程总指挥、工程经理陈和生院士说,首轮开放运行期间,共有来自新能源、磁性材料、高性能合金、高分子、纳米、生物材料等研究领域的40项用户课题(含8项快速申请课题)上机实验,取得了多项重要成果。

#### 从无到有 实现重大跨越

2000年7月,中国科学院在向国家科教领导小组提交的“中国高能物理和先进加速器发展目标”报告中提出建设中国散裂中子源设想。2011年10月,CSNS装置奠基,2012年5月,工程土建设工。经过6年半的建设,2018年3月,CSNS按期、高质量完成了全部工程建设任务,并通过了中国科学院组织的工艺鉴定和验收。中国人从此拥有了自己的散裂中子源。CSNS建在13米到18米深的地下,其中直线加速器隧道长240米,环形加速器周长228米,相当于半个

足球场大小。其建设内容包括一台8千万电子伏特的直线加速器、一台16亿电子伏特特快循环同步加速器、一个靶站以及一期三台供科学实验用的中子散射谱仪。

CSNS的建成,填补了国内脉冲中子应用领域的空白,为材料科学技术、物理、化学化工、生命科学、资源环境和新能源等诸多领域的基础研究和高新技术开发提供了强有力的研究平台。它的投入运行,对我国探索前沿科学问题、攻克产业关键核心技术等具有重要意义。

#### 探秘微观 深入认知世界

通俗来说,CSNS是用中子散射的方式来探索微观世界的工具,陈和生形象地称它就像“超级显微镜”,是研究物质材料微观结构的理想探针。

在现代科学诞生之前,人类是用肉眼观察世界。后来,科学家发明了光学显微镜,我们第一次看到了肉眼无法直接观察到的微观世界。而电子显微镜比光学显微镜的分辨率还要高1000倍左右,可以看到更小的病毒。人类对微观世界的探索随着技术手段的提高,越来越走向深入,“超级显微

镜”散裂中子源应运而生。

中子散射是探索物质微观结构的有力手段之一。中子和光一样,具有波粒二象性,既有波的性质,可以反射、折射、衍射、吸收,也具有粒子的性质,可以弹射、散射等。中子由于不带电,不易受到带电质子和电子的阻碍,能比其他探测方式更为轻松地穿透物质。中子束打到被研究的样品身上,大多数会不受任何阻碍地穿过样品,但有些中子会与研究对象的原子核发生相互作用,其运动

#### 首轮开放 运行效果良好

在产业中如何应用这台“超级显微镜”?陈和生举了几个例子。

“在氢动力汽车研发中,要实现氢气的稳定储存,方法之一就是使用一种金属-有机框架(MOF)材料把氢气吸进去,要用的时候再把氢气释放出来。而中子散射可以帮助科学家研究氢气存在金属的什么位置、什么情况下可以更好地释放。”陈和生告诉记者,这正是散裂中子源应用的一个具体案例。

此外,中子散射还是锂电池研究的利器。“大幅度提高锂电池的性能是电动汽车推广的关键,可以将汽车锂电池连同模拟充放电过程的设备放入中子散射谱仪,实时原位测量在几百次充放电的过程中,锂电池各个部分性能的变化,为改进和

优化锂电池的设计提供关键数据。国外的散裂中子源都建设了这样专门研究锂电池的谱仪,且严加保密。”陈和生补充说,“此外,可燃冰、磁性材料以及化学反应催化剂的原位研究等,都必须使用散裂中子源。”

CSNS启动运行后,国内外用户申请非常踊跃,大科学装置的综合效应开始逐步显现。首轮共收到用户课题申请62项,覆盖能源、磁性、合金、高分子、纳米、生物材料等研究领域。经过专家评审,32项用户课题(含5项国外用户课题)获批实验机时。为了使用户更好地开展中子散射研究,CSNS还举办了“中子科学与技术”在电池领域中的应用前沿研讨会”“可燃冰研发中的中子科学技术应用研

国家验收委员会专家认为,CSNS的性能全部达到或优于批复的验收指标。装置整体设计科学合理,研制设备质量精良,靶站最高中子效率和三台谱仪综合性能达到国际先进水平。通过自主创新和集成创新,CSNS在加速器、靶站、谱仪方面取得了一系列重大技术成果,显著提升了我国在高性能散裂中子源、磁体、电源、探测器及电子学等领域的产业技术水平和自主创新能力,使我国在强流质子加速器和中子散射领域实现了重大跨越。

方向也会发生改变,向四周散射。测量中子散射的轨迹及其能量和动量的变化,就可以精确地反推出物质的结构。

中子散射和我们熟悉的X射线类似。X射线散射对含电子数目多的原子比较敏感,但要探测氢原子等轻元素就十分困难了。中子散射则对原子核敏感,特别是对碳、氢、氧等原子核敏感,还可以区分同位素。研究含有大量氢、氧、氮原子的生物大分子,中子散射具有更大的优势。

中科院高能物理所副所长、东莞分部主任陈延伟说,第二轮运行开放时间为2019年2月12日至6月30日,目前已收到用户课题申请76项(含港澳地区6项,国外2项),正由专家进行评审。

#### 外界评说

## “这对全球科学家也同样意义重大”

本报记者 李大庆 通讯员 张玮

到目前为止,世界上已经建成的散裂中子源共有4台:美国、日本、英国和中国各有1台。作为世界四大脉冲散裂中子源之一,中国散裂中子源具有很强的国际竞争力,可长期满足国内需求。中国散裂中子源自建成以来,受到了海外科技界的高度评价。

2018年11月12日至14日,中国散裂中子源国际顾问委员会第10次评审会召开。来自英国卢瑟福·阿普尔顿实验室、日本J-PARC国家实验室等科研机构的国际知名专家,对装置的设计和调试给予了高度评价。

国外专家指出,中国散裂中子源建设团队克服困难,取得了成功,彰显了他们的能力和实力,以及整个团队坚韧不拔和勇于奉献的精神。工程取得了许多里程碑式的进展,先后通过了工艺鉴定验收和国家验收,完成了多个用户实验,并取得初步成果,加速器束流效率超过94%。专家们希望中国散裂中子源团队能够再接再厉,努力迎接

下一步挑战,保证用户运行时间,完成后续谱仪建设,进一步提高束流功率。

国际著名科学期刊《自然》在中国散裂中子源建设即将完工前发表文章。文章引用中科院外籍院士、世界高温高压研究领域杰出科学家毛河光的话说:“中国散裂中子源的仪器对地球、环境和能源科技,以及物理、化学、材料科学而言将是极为有价值的。”“我非常激动,整个中子研究界也非常激动。”

文章指出,位于东莞的中国散裂中子源,让国内越来越多的顶级物理学家、材料学家以及他们的全球合作伙伴得以在多个物理和工程领域参与竞争。其设计者亦希望这一设施能够引领商业产品和技术应用——从电池和桥梁,到飞机引擎和癌症疗法,无所不包。“这不仅是中国科学家的重要一步,对全球科学家也同样意义重大。”香港城市大学物理学家王循如是说。

#### 科研人员有话说

### 为粤港澳大湾区插上创新翅膀

陈和生



中国散裂中子源工程总指挥、工程经理,中科院院士陈和生

在广东东莞一片郁郁葱葱的荔枝林里,坐落着我国迄今为止单项投资规模最大的大科学工程——中国散裂中子源。这项“国之重器”由中科院和广东省共同建设,在材料科学和技术、生命科学、物理、化学化工、资源环境、新能源等诸多领域具有广泛应用前景,将为我国产生高水平的科研成果提供有力支撑,并为解决国家发展战略需求的许多瓶颈问题提供最先进的平台。

2006年2月,我在参加广东省发改委举行的一项研讨会时,谈到散裂中子源正在寻找合适的建设地点。广东省发改委领导立即向省里汇报,希望促进珠三角科学研究的发展,推动一些大型科研项目的实施。3月,广东省和中科院对接后认为,可以在珠三角为散裂中子源找个地方落户。5月,我们到广东省发改委推荐的珠海、广州萝岗和东莞实地进行考察。综合各方面的条件,我们认为东莞最为合适,并最终选中了大朗镇的水平村。

2011年10月,总投资23亿元的中国散裂中子源装置终于在东莞奠基,工期6年半。2012年5月,散裂中子源工程土建设工。散裂中子源装置不仅造价高,而且技术复杂,是各种高、精、尖设备组成的整体。科研人员开展了一系列关键技术的预研研究工作,攻克了众多技术难题。各项设备的批量生产由全国近百家合作单位完成,许多设备的研制达到国内外先进水平,设备国产化率达到90%以上,有力地促进了我国相关领域高技术的发展。

散裂中子源支撑的学科研究和应用领域众多,是目前国际上公认的、与大型光源互补并发挥着其无法取代作用的新一代科学研究和先进材料研发的主流大科学装置。中国散裂中子源的成功建设,也将为香港和澳门地区诸多学科的中子散射研究和应用提供重大发展机遇。散裂中子源落户东莞后,港澳地区的许多大学“近水楼台先得月”,已经开始吸引中子散射研究和应用的人才,建设相关的学科。香港城市大学和香港科技大学的主要领导先后访问了散裂中子源,讨论合作。香港城市大学与散裂中子源、东莞理工学院合作,正在建设多物理谱仪。中国科学院和香港康乐基金会从2015年开始支持散裂中子源和香港城市大学建立中子散射联合实验室,加速推动新增谱仪和其他中子散射交叉学科应用型装置的建设。

中国散裂中子源的总体目标是建设我国在相关基础科学和高技术领域的具备原始创新能力的团队,促进我国科技、工业和国防等方面技术的大力发展,至2030年,带领我国中子散射技术的研究和应用科学界全面进入世界先进行列。

实现这一目标主要从以下几个方面着手:第一,充分发挥一期三台谱仪,即通用粉末衍射仪、小角散射仪和多功能反射仪在材料科学、生命科学、凝聚态物理和化学等领域的作用,为广大用户提供国际先进的研究平台。第二,中国散裂中子源下一阶段谱仪的选择及其性能指标应认真听取用户的意见,同时吸取国际先进经验,突出谱仪的特色和优势,特别应结合华南地区,尤其是广东、香港等地发展战略需求,培养和扩大中子散射用户群体。第三,与用户单位合作,利用各方面资源,积极推动用户谱仪的建设。第四,中国散裂中子源靶站500kW升级将使中子通量水平提升5倍。中子通量增加后,可开展更小样品的研究以及更短时间尺度的实时研究,并适度提升大部分谱仪的分辨率,大幅缩短高分辨模式实验的时间,从而大幅提升中子散射谱仪的性能和研究能力。

散裂中子源建成后,将肩负发展中国中子散射研究和应用的重任。作为国家科技产业创新中心的核心装置,中国散裂中子源也必将推动粤港澳大湾区的建设与发展,成为打造国家创新发展的重要引擎。

(本版图片除标注外来源于网络)

主 编 罗 冰  
副 主 编 徐 玢  
责任编辑 张 琦  
郭 科