

中国散裂中子源： 探秘微观世界的“超级显微镜”

大事记

2000年8月 中国科学院高能物理研究所与中国原子能科学研究院两家单位正式提出国家重大科学工程——“多用途中子科学装置脉冲强中子源”项目建议。

2011年10月 中国散裂中子源装置在东莞奠基。

2012年5月 中国散裂中子源工程土建动工。

2018年8月23日 中国散裂中子源项目顺利通过国家验收，投入正式运行。

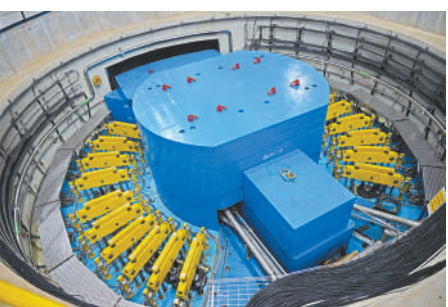
2020年2月28日 中国散裂中子源打靶束流功率达到100千瓦的设计指标，并开始100千瓦稳定束流运行，达到设计指标时间比原计划提前1年半。

2020年5月8日 中国散裂中子源用户实验成果首次在《科学》(Science)发表。

2020年8月 中国科学院高能物理研究所东莞研究部成功研制出我国自主研发的加速器中子俘获治疗实验装置，这是利用中国散裂中子源相关技术催生的首个产业化项目。



中国散裂中子源直线加速器
中国散裂中子源供图



中国散裂中子源靶站
中国散裂中子源供图

◎本报记者 龙跃梅 通讯员 张玮

“散裂中子源等一批具有国际一流水平的重大科技基础设施通过验收。”5月28日，在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科协第十次全国代表大会上，习近平总书记的重要讲话，让中国散裂中子源团队感到无比的振奋。

从20世纪90年代末期的谋划，到2011年10月在广东东莞奠基；到2018年8月23日，通过国家验收，正式投入运行；再到如今用户课题申请非常踊跃，实验机时供不应求……中国散裂中子源“横空出世”，填补了国内脉冲中子应用领域的空白，使得我国成为全世界第4个拥有脉冲式散裂中子源的国家。

中国散裂中子源就像“超级显微镜”，是研究物质材料微观结构的理想探针，已成为我国材料科学技术、物理、化学化工、生命科学、资源环境和新能源等学科的先进、功能强大的科研平台。

“超级显微镜”散裂中子源 应运而生

在现代科学产生之前，人类是用肉眼观察世界。后来，科学家发明了光学显微镜，第一次看到了肉眼无法直接观察到的细胞和细菌等微观世界。而电子显微镜比光学显微镜的分辨率更高，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。

中子散射就像“探针”，是探索物质微观结构的有力手段之一。

既然中子散射的用处如此之大，科学家们如何获得实验用的中子？中子在正常状态下，被原子核紧紧束缚着，并不能轻易地离开原子核；尽管自然界中存在自由中子，但这些中子的寿命很短，最多只能存在15分钟，且不易收集。于是科学家们要建设一个类似于“中子工厂”的大科学装置，源源不断地产生中子。

之前，世界上正在运行的脉冲式散裂中子源只有英国的ISIS、美国的SNS和日本的J-PARC。中国科学家意识到，只有建设自己的散裂中子源，才能拥有自己的“火眼金睛”，不需要依赖别人的“眼睛”去探索微观世界。

建设中国散裂中子源的建议，起源于20世纪90年代末期关于中国高能物理发展战略的研究。中国科学院高能物理研究所和中国原子能科学研究院的老科学家们指出了建设散裂中子源对国家科技发展的必要性。1999年9月份，中国科学院高能物理研究所与中国原子能科学研究院向科技部提交了建设散裂中子源的建议。2000年8月份，两家单位正式提出国家重大科学工程——“多用途中子科学装置脉冲强中子源”项目建议。

经过相关领域科学家的深入讨论和研究，散裂中子源被列入国家“十一五”大科学装置建设计划。中国科学院高能物理研究所和物理研究所的科学家们开始着手设计和预研研究。

2006年5月，中国散裂中子源最后选择了东莞市大朗镇。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，中国散裂中子源工程土建动工。

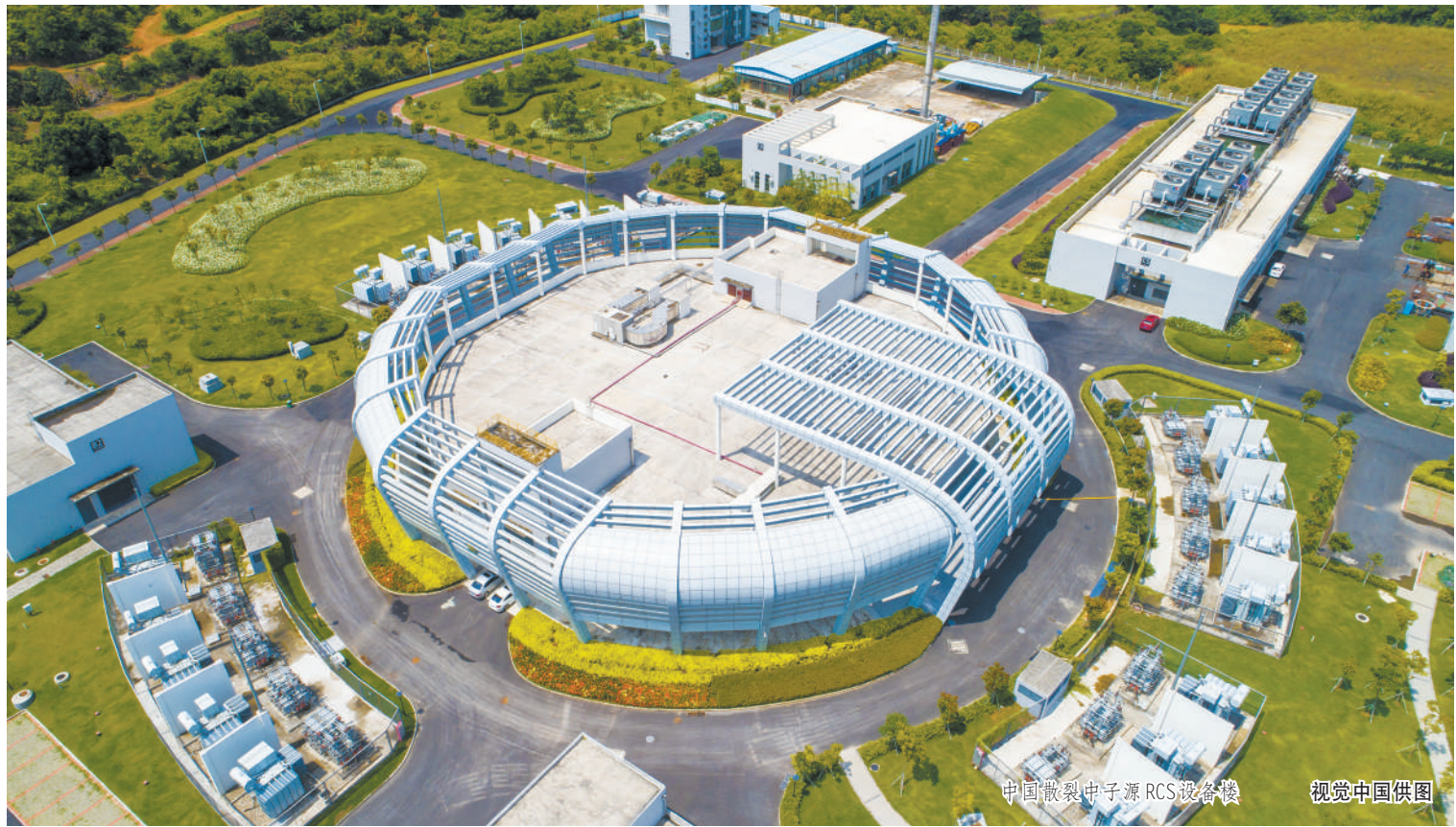
工程建设过程中的“拦路虎”被一一干掉

中国散裂中子源建在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16亿电子伏特的快循环同步加速器、一个靶站以及三期三台供科学实验用的中子散射谱仪。

中国散裂中子源装置不仅极为庞大，而且部件繁多，工艺极其复杂，制造和安装过程面对许多困难。

中国科学院高能物理研究所东莞研究部副主任金大鹏介绍，快循环同步加速器的25赫兹(Hz)交流磁铁在我国首次研制，其间遇到了超乎想象的技术挑战，铁芯和线圈的振动开裂、涡流发热等都是以前经验之外的新问题。

“关键技术掌握在国外大公司手中，要不来，买不来。我们的科研人员与工厂技师联合攻关，经过6年



中国散裂中子源 RCS 设备楼
视觉中国供图

时间，改方案、换厂家，逐一攻破技术难关，终于靠自己的力量研制出合格的磁铁。”金大鹏说。

另外，针对磁铁饱和、科研人员还创新性地提出了谐振电源的谐波补偿方法，解决了多台磁铁之间的磁场同步问题，其效果优于国外散裂中子源。

除了设备，工程建设也是一个“拦路虎”。由于地质原因，加速器隧道等土建工程延误了1年多，大大压缩了设备安装和调试的时间。整个工程能否按原定工期竣工验收成为一个严峻的挑战。

关键时刻，团队决心“后墙不倒”，对国家承诺的竣工时间不能推迟，必须千方百计抢时间。于是将原定在隧道里测试好的设备先在地面大厅安装调试，建设人员经过几百个日日夜夜的奋斗，终于赶回了工期。

在散裂中子源国际顾问委员会年度会议上，外国专家感叹中国散裂中子源工程建设的“中国速度”：“难以想象你们在短短的1年完成了如此大量的工作”。

从工程动工起，中国科学院院士、中国散裂中子源工程总指挥陈和生就把东莞当成自己的第二个家。对于自己的付出，他浑然不觉，反而很心疼团队里的年轻人。

“过年的时候坚持调试运行，年轻人没有任何怨言、积极参加，我感到很高兴。”陈和生说，这些年的努力，不仅把工程完成了，把年轻的队伍也培养起来了。

记者了解到，中国科学院高能物理研究所东莞研究部已培养出了一支年轻队伍，近400名科研人员，平均年龄36岁。

3台谱仪综合性能达到国际先进水平

对中国散裂中子源来说，2018年8月23日是个难忘的日子。经过十余年的筹备和6年半的建设，当天中国散裂中子源项目顺利通过国家验收，正式投入运行。

验收委员会专家认为，中国散裂中子源的各项指标均达到或优于批复的验收指标。装置整体设计先进，研制设备质量精良，靶站最高中子效率和3台谱仪综合性能达到国际先进水平。

验收委员会专家还认为，中国散裂中子源通过自主创新和集成创新，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功率散裂靶、磁铁、电源、探测器及电子学等领域相关产业的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。例如，国内首次研制成功25Hz交流谐振励磁的大型磁铁、中子靶站等。

诺贝尔奖获得者、著名物理学家李政道先生获悉后，给陈和生院士发来祝贺，并衷心希望祖国科学家利用中国散裂中子源做出世界一流实验成果，为发展先进科技立功。

2019年2月19日，诺贝尔奖获得者、著名物理学

家杨振宁先生到东莞访问中国散裂中子源。他对项目的成功建设表示赞赏，对项目满足国家前沿科学研究和国家战略需求发挥的积极作用表示肯定。

验收通过后，中国散裂中子源的科研人员并没有停下奋斗的脚步，而是朝着更高的目标前进。

根据国际同类装置的调试运行经验，中国散裂中子源最初考虑在项目验收之后3年内，即至2021年8月束流功率达到100千瓦设计指标。

铆足劲的科研人员一心想着通过努力，把时间往前赶。2020年2月28日，打靶束流功率达到100千瓦的设计指标，并开始100千瓦稳定束流运行，达到设计指标时间比原计划提前一年半。

“我们国家想做国际最先进的科学研究，需要做出最好的研究平台。所以散裂中子源第一次打靶成功

时，就是我们最高兴的时候。”5月22日，在“科普中国—我是科学家”第34期专题活动上，陈和生院士说。

中国散裂中子源自2018年9月开放运行至今，共完成五轮用户实验，正在进行第六轮，用户课题申请非常踊跃，实验机时供不应求，五轮共完成国内外科研与工业界的课题500余项(含国外和港澳课题30余项)，围绕国际科技前沿和国家重大需求，取得了多项成果。

金大鹏介绍，目前中国散裂中子源正在建设合作谱仪，并申请二期建设，以更好地满足国家发展战略和国际前沿研究中子散射研究和应用的迫切需求。

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，促进我国科技和工业等方面技术的发展，至2030年，带领我国中子散射技术和应用科学全面进入世界先进行列。

金大鹏：不能让工程在自己手里耽搁了

亲历者说

◎本报记者 龙跃梅 通讯员 张玮

2009年的时候，中国科学院高能物理研究所东莞研究部副主任金大鹏开始参与到了中国散裂中子源工程的研究工作，当时主要的工作场是在北京。

2014年3月，他来到了中国散裂中子源所在地——东莞大朗镇。他记得，当时雨下得比较多，工地上蚊虫比较多，“不知道是蚊子，还是虫子，反正一咬就是一个包”。

这些困难，金大鹏并没有放在心上。作为当时工程的系统负责人，他一心扑在工程上，不能让工程建设在自己手里耽搁了。

当时，摆在他面前的是，阶段性的人力不足。

“在建设过程当中，任务上来特别急，这时候人手不足，压力就比较大。”金大鹏说，招人可以在一定程度上解决问题，但人招来了，把眼前的问题解决了，后面就面临一个巨大的问题——这些人将来怎么发展？

思想想去，当时就没招人。金大鹏跟团队说，团队现在处于一个比较困难的时期，他也不知道每个人手上的任务都很重，但这个时候如果招人了，将来大家的发展空间都会受限制。

“当时，团队每个人手里至少要干两三件事，都不是打杂的事，都是重要的事。”金大鹏说，他们选择以时间换空间，加班就成了常态。

金大鹏也身先士卒，一直与团队在一起，冲在前面，如系统中的快保护系统，它的原型机是金大鹏设计出来的，然后交给团队的人。

在设备的调试过程中，也遇到不少问题。

在快循环同步加速器部署的时候，因为准直器电机驱动线比较长，上下之间的距离有100米左右(一般来说30米就算长)，这样就出现信号传递不正常的问题。

团队人员来找金大鹏讨论。“也没什么好办法，光拍脑袋也拍不出来，只能对照英文手册一点点看。”金大鹏说。

“看了原理之后，我就在上面驱动器这一端加了一个中继器，那边一变化，这边跟着变，这样就是一个快速的响应，问题就解决了。”金大鹏说。

金大鹏还记得验收那天，他坐在现场，非常激动。“我从参加工程到完成验收，总共是9年多。很多老师参加这个工程有10多年，有的将近20年，个中酸甜苦辣，非常不容易。”金大鹏说。

作为中国散裂中子源的参与者、推动者，他认为要实现科技自立自强，就要瞄准方向，打好基础，一点一点去做，需要集中精力联合攻关的时候，就联合攻关，不需要的时候，就把自己的事踏踏实实做好，提高自己的能力，为未来提供更好的支撑。



中国散裂中子源供图