

# 散裂中子源工程 2018 年年度报告

## 一、综述及基本情况

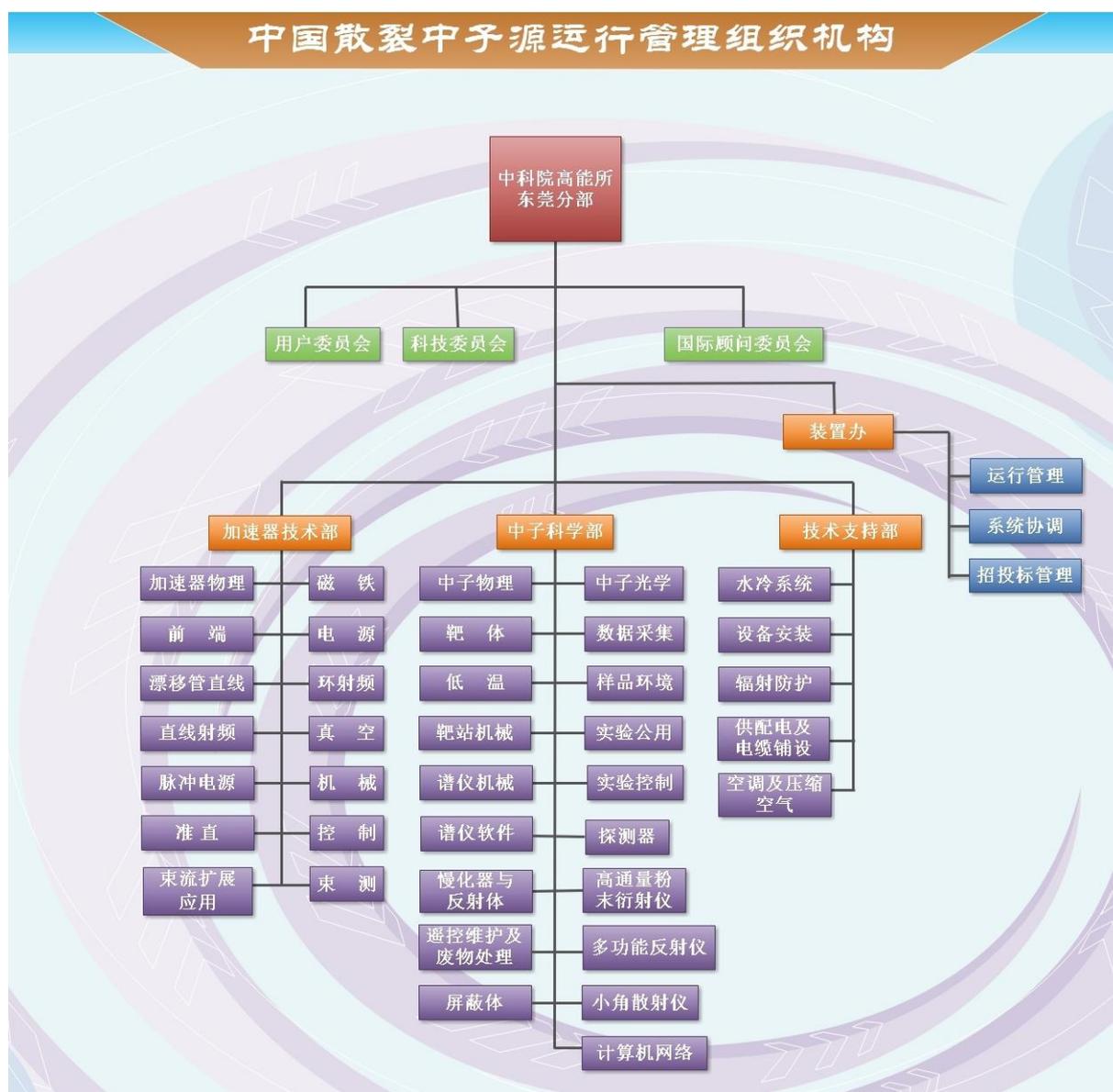
散裂中子源是体现一个国家的科技水平、经济水平和工业水平等综合实力的大型科学研究装置，是开展多学科交叉前沿研究及高新技术研发的先进大型实验平台，能够为我国的多学科创新在国际前沿领域占领一席之地提供良好的机遇。中子散射广泛应用于物理、化学、生命科学、材料科学技术、资源环境、纳米等学科领域，并有望在如量子调控、蛋白质、高温超导等重要前沿研究方向实现突破。强流质子加速器相关技术的发展也将为一些重要的应用如质子治癌、加速器驱动的次临界洁净核能源系统（ADS）等打下坚实的基础，储备丰富的工程建设和运行经验。散裂中子源的建设不但会对我国工业技术、国防技术的发展起到有力的促进作用，也会带动和提升众多相关产业的技术进步，产生巨大的社会经济效益。

中国散裂中子源（CSNS）是国家“十二五”重点建设的重大科技基础设施，是国际前沿的高科技、多学科应用的大型研究平台。2018年8月23日，历经6年半的紧张建设，中国散裂中子源作为我国首台散裂中子源、粤港澳大湾区首个国家重大科技基础设施，按指标、按工期、高质量地完成了工程建设任务，综合性能进入国际同类装置先进行列，正式对国内外各领域的用户开放并很快发表了高水平用户实验成果文章。

CSNS填补了国内脉冲中子源及应用领域的空白，为我国物质科学、生命科学、资源环境、新能源等方面的基础研究和高新技术研发提供强有力的研究平台，将对粤港澳大湾区国际科技创新中心建设提供重要科技支撑，对满足国家重大战略需求、解决前沿科学问题具有重要意义。同时，散裂中子源的建设，显著提升了我国在磁铁、电源、探测器及电子学等领域相关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。



运行组织单元框图



承担国家重大项目

项目	学科领域及课题研究内容
基金重点	高通量大面积位置灵敏中子探测器国产化研究
国家重点研发计划	中子散射样品环境及相关实验技术、白光中子源实验技术研究

二、研究进展与成果

CSNS 调试和运行任务圆满完成——按时顺利通过国家验收，打靶束流功率稳步提升

CSNS 工程项目按时、顺利通过国家验收，各项指标均达到或超过验收指标，其中最重要的束流功率达到 20kW，超过 10kW 验收指标要求。暑期检修后，加速器和靶站谱议运行的稳定性和可靠性大幅提高，供束期间束流功率保持在 20kW 左右，供束效率

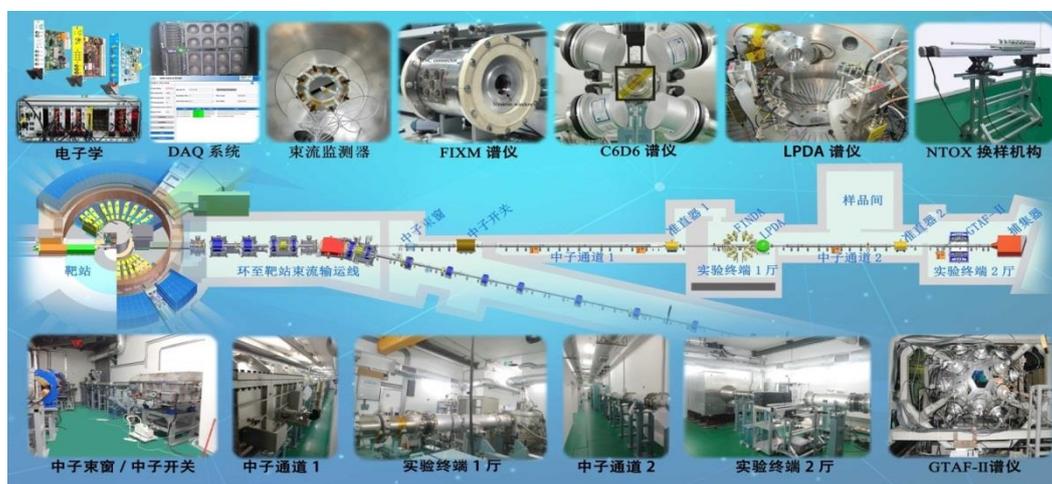
约为 90%。全年总供束机时达到 2833 小时，超过 2018 年计划供束机时。12 月份加速器进行的提高束流功率的调束研究工作，单脉冲下 RCS 引出粒子数最终达到等效束流功率 50kW 的调束目标，且束流损失控制在运行允许范围内。

### 中子衍射技术在锂离子电池机理探究及开发中的应用

2018 年，CSNS 分别与北京大学深圳研究生院（PKUSZ）和中科院物理所（IOP）合作，进行锂离子电池的机理研究及大容量电池材料的开发。PKUSZ 利用通用粉末衍射仪（GPPD），对一系列  $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$  材料的晶体与磁结构进行了精确的表征。研究发现， $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$  材料中的锂镍反位会形成一个稳定的反铁磁态，并引入超交换作用，从而释放掉过渡族金属离子自旋之间阻搓的磁交换作用。此结果帮助理解了锂镍反位缺陷形成的机理。IOP 利用 GPPD 采集了新开发的  $\text{Li}_{1.2}\text{Ti}_{0.35}\text{Ni}_{0.35}\text{Nb}_{0.1}\text{O}_{1.8}\text{F}_{0.2}$  材料的结构数据，证实了该材料在脱嵌锂过程中具有的优异结构稳定性和稳健阴离子骨架。此外，提出了在充电过程中由氧气损失引起的电化学降解机理。这些结果在锂离子电池的机理探究以及开发大容量电池材料方面具有重要的指导意义。

### 建成了反角白光中子实验装置

反角白光中子实验装置（或反角白光中子源）是 CSNS 的扩展应用平台，它是利用包括 CSNS 工程经费在内的多经费渠道和多合作单位共建完成的。CSNS 高功率质子束打靶产生宽能谱中子并具有良好的时间结构，该装置是利用沿质子束打散裂靶通道的反向中子建设和在白光中子束线安装多台实验谱仪构成的实验装置，可以开展包括核数据测量、探测器标定、中子辐射效应、中子照相等应用范围广泛的科学和应用研究。该装置白光中子束线的综合性能已处于国际白光中子源的最先进行列，后续将新建的大型谱仪将能更充分发挥它的作用。



初步建成的 CSNS 反角白光中子实验装置

### 科技论文发表、专利的情况统计数据

SCI 收录 论文数	论文 引用数	国外发表 论文数	用户相关 论文数	获省部级 以上奖数	发明专利 授权	实用新型 专利授权	软件 著作权
38	28	50	4	0	16	4	1

## 三、设施建设、运行与改造

2018年，我国首台散裂中子源——中国散裂中子源（CSNS）顺利通过国家验收，综合性能进入国际同类装置先进行列，正式对国内外各领域的用户开放。截至目前已超额完成2018年度运行任务，且运行稳定，并取得科学成果。

6月下旬，CSNS实现了稳定可靠运行，加速器的束流效率超过90%，打靶束流功率稳定在22kW以上，靶站运行效率接近100%，保证了谱仪调试和第一批试运行用户实验的顺利进行。

CSNS试运行期间，两篇重要的用户实验科学成果文章发表，分别在锂离子电池正极材料结构特性和形成机理方面，以及在揭示高容量阳离子无序锂离子电池富锂正极材料结构和机理方面取得重要结果。国际同行据此认为，CSNS粉末衍射谱仪的性能达到国际先进水平。

CSNS首轮正式开放期间（2018年9月至2019年1月），用户提案总数共63项，批准用户提案课题32项，已开展用户提案课题实验19项。这些课题涵盖了能源、物理、材料、工程等多个前沿交叉和高科技研发领域，如锂离子电池材料、稀土磁性、新型高温超导、功能薄膜等。

### 用户信息

设施	用户总数	院内	院外		其中				
			国内	国外	大学	研究所	政府机构	企业	其他
散裂中子源	90	20	68	2	54	36	0	0	0

## 四、科技队伍与人才培养

作为粤港澳大湾区的科创重点，项目积极探索与大科学装置发展相匹配的人才培养新机制，以打造国际创新人才队伍为着力点，积极加强高端人才的引进力度，并与国内外著名学府、国家实验室等科研机构建立长期合作，加强创新型人才培养。

设施人员总数	按岗位分			按职称分			学生			在站博士后	引进人才*
	运行维护人员	实验研究人员	其他	高级职称人数	中级职称人数	其他	毕业博士	毕业硕士	在读研究生		
331	163	127	41	116	147	68	11	9	38	14	16

\*指通过“百人计划”、“千人计划”等引进的人才。

## 五、合作与交流

### 学术交流

#### “基于中国散裂中子源的大气中子辐照谱仪实验平台”项目启动

4月19日，广东省科技发展专项“基于中国散裂中子源的大气中子辐照谱仪实验平

台”项目启动会暨物理设计评审会在工业和信息化部电子第五研究所召开。广东省科技厅曾颢副调研员与会祝贺项目的正式启动，并希望项目承担单位密切合作，加快项目的建设。CSNS 工程总指挥陈和生院士指出，大气中子辐照谱仪作为 CSNS 启动的第一台新建用户谱仪，将为新型电子器件和电子系统的大气中子辐照效应提供优良的实验、测试平台，充分发挥 CSNS 的能力。项目承担单位工业和信息化部电子第五研究所副所长王蕴辉、东莞中子科学中心主任陈延伟分别致辞，表示全力支持项目的建设。项目



目技术专家组认真听取了项目组关于谱仪物理设计的汇报，经过质询与讨论，认为：大气中子辐照谱仪物理设计科学合理，技术途径可行。专家组一致同意通过评审，开展后续工程设计。

### CSNS 反角白光中子源第二次用户研讨会召开

7 月 22~23 日，CSNS 反角白光中子源（Back-n）第二次用户研讨会在位于东莞的 CSNS 园区召开。来自中国内地和香港的 17 个单位的 100 余名科研人员和研究生参加了此次会议。会议中正式成立了 CSNS 白光中子源用户委员会，由中国原子能科学研究院赵志祥研究员担任用户委员会主任。用户委员会也组织了与会人员讨论在 Back-n 上的合作、用户支持和推进 Back-n 的进一步发展，还听取了 2018 年下半年的用户实验建议报告，并批准了束流时间安排。

### CSNS 首届年会召开

CSNS 首届年会于 9 月 11 日至 13 日在广东省惠州市召开。来自中科院高能所、中国工程物理研究院、中科院应用物理所、中国科技大学、中科院近代物理所、中国原子能研究院以及相关合作单位的 160 余名代表参加了会议。会上王生和梁天骄先后作了 CSNS 加速器和靶站谱仪的调试运行总结报告，兄弟单位的代表分别介绍了各自装置在调束、开放运行与改进等方面的经验。与会代表还进行了分组讨论，各系统总结交流了经验，研究讨论制约装置稳定运行和功率提升的关键问题及解决办法，提出了下一阶段的工作计划。闭幕式上，傅世年和王芳卫分别



傅世年和王芳卫分别

作了 CSNS 加速器束流功率升级方案和 CSNS 中子谱仪未来发展规划的报告。最后，陈延伟副所长做大会总结，希望大家踏踏实实地分析和解决好运行过程中发现的每一个问题，一步一个脚印，积跬步以成千里，为 CSNS 后续的运行和发展奠定坚实的基础。

### CSNS 科学技术委员会第一次会议召开

11 月 27 日，CSNS 科学技术委员会第一次会议在中科院高能所东莞分部召开。会议由科技委主任沈保根院士主持，包括 9 名院士在内的共 26 位科技委成员参加了会议。经认真讨论，与会专家认为 CSNS 谱仪建设总体规划以及二期工程初步方案合理可行，希望 CSNS 尽快达到打靶束流功率设计指标，努力实现稳定高效运行，不断提高设备性能和对用户实验的服务水平，



为国家相关领域发展战略需求和交叉前沿科学研究提供先进的研究平台。与会专家建议国家有关部门尽快启动 CSNS 二期工程，以满足广大用户的迫切需求。

### 第二届南方光源研讨会召开

12 月 20 日，中科院高能所东莞分部组织召开了第二届南方光源研讨会，来自内地和香港的 12 所高校和科研院所的 30 多位光源专家 and 用户代表参加了会议。与会专家围绕南方光源的科学定位提出了许多建设性意见和建议，对南方光源各方面的指标进行了深入的讨论。与会专家一致认为，要将南方光源建设成为满足广大用户需求的先进光源，使南方光源与 CSNS 形成合力，成为国内首屈一指的国际先进水平的重要大科学研究平台。

## 国际合作

### CSNS 第十次国际评审会召开

11 月 12~14 日，CSNS 工程经理部在中科院高能所东莞分部召开了 CSNS 国际顾问委员会第十次评审会。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 9 位国际知名专家，对 CSNS 的进展以及未来发展计划进行了评审。CSNS 工程经理陈和生院士介绍了 2018 年 CSNS 调试运行取得的主要进展，以及



CSNS 二期升级计划。CSNS 加速器分总体副主任王生和实验分总体副主任梁天骄、辐射防护组组长吴青彪分别介绍了加速器、靶站及谱仪和辐射安全有关进展情况。与会专家分别听取了各系统的 19 个进展报告，详细了解各系统调试运行和用户培养方面的进展情况，还听取了关于 CSNS 二期工程的 3 个汇报。会议期间，专家们参观了直线隧道、环隧道、靶站谱仪大厅等。专家对 CSNS 取得的一系列喜人成绩表示祝贺，对 CSNS 全体员工敬业及奉献精神表示敬重。专家们对 CSNS 调试运行、加速器和靶站功率提升、二期谱仪建设、用户培养，以及建设世界级的中子科学设施等方面提出了具体的意见和建议。

### CSNS 缪子源概念设计国际评审会在东莞召开

11 月 20~21 日，CSNS 实验缪子源（EMuS）概念设计国际评审会在中科院高能所东莞分部召开。来自瑞士保罗谢尔研究所、英国卢瑟福·阿普尔顿实验室、日本理化学研究所、日本高能加速器研究机构、日本山梨大学、中国科技大学等科研机构的 11 名国际知名专家和国内专家，对 EMuS 缪子源的概念设计进行了评审。专家组认为，EMuS 整体设计方案具有独特性、设计目标具有国际竞争性，并对后续的设计和预研工作提出很多建设性的意见。

## 科普宣传

### 东莞分部首次加入高能所第十四届公众科学日

5 月 19 日，东莞分部首次加入高能所第十四届公众科学日，全天免费开放 CSNS 环形加速器隧道、靶站谱仪大厅等设施，首次向公众揭开 CSNS 的神秘面纱，与社会各界公众一起探秘微观世界、共享科普盛宴。公众科学日活动的形式多样，内容丰富，不仅可以让公众零距离参观加速器隧道、中央控制室以及靶站谱仪大厅，还可以观看科普宣传片，聆听三场精彩的科普报告。东莞分部当天接待了近 2000 名社会公众，他们都是通过单位、学校组织或者自主预约报名而来，其中既有七十多岁的老人，也有专程从香港慕名而来的学者。参观者纷纷表示，此行大开眼界，收获颇丰，通过公众科学日的活动，让大家更加了解身边的大科学装置，提高了科学素养。



## 六、大事记

2 月 5~10 日，CSNS 实现 20kW 稳定运行。

2 月 24 日，广东省省长马兴瑞率省有关部门负责同志视察 CSNS。

3 月 25 日，CSNS 通过工艺鉴定和工艺验收。

3 月 28 日，广东省委书记李希到 CSNS 调研。

4月17日, CSNS 第一篇用户实验科学成果文章在 Nano Energy 杂志上线。

4月20日, CSNS 通过设备专业组验收。

5月23日, CSNS 通过建安、财务、档案专业组验收。

7月22~23日, CSNS 反角白光中子源第二次用户研讨会在 CSNS 园区召开。

8月23日, CSNS 项目顺利通过国家验收, 投入正式运行。

9月11~13日, CSNS 首届年会在广东省惠州市召开。

10月15~17日, 第六届全国中子散射会议暨国家中子源多学科应用研讨会在上海召开。

11月12~14日, CSNS 国际顾问委员会第十次评审会在高能所东莞分部召开。

11月27日, CSNS 科学技术委员会第一次会议在高能所东莞分部召开。

## 七、单位通讯录

单位: 中国科学院高能物理研究所东莞分部

单位地址: 广东省东莞市中子源路1号

单位邮编: 523800

单位网址: <http://dgfb.ihep.ac.cn>

装置地址: 广东省东莞市

装置网址: <http://csns.ihep.ac.cn>

稿件负责人及装置联系人: 高惠珠

电话: 0769-89156300

电子邮箱: [gaohz@ihep.ac.cn](mailto:gaohz@ihep.ac.cn)

## 八、编委及责任编辑

编委: 陈延伟

责任编辑: 高惠珠