

散裂中子源工程 2019 年年度报告

一、综述及基本情况

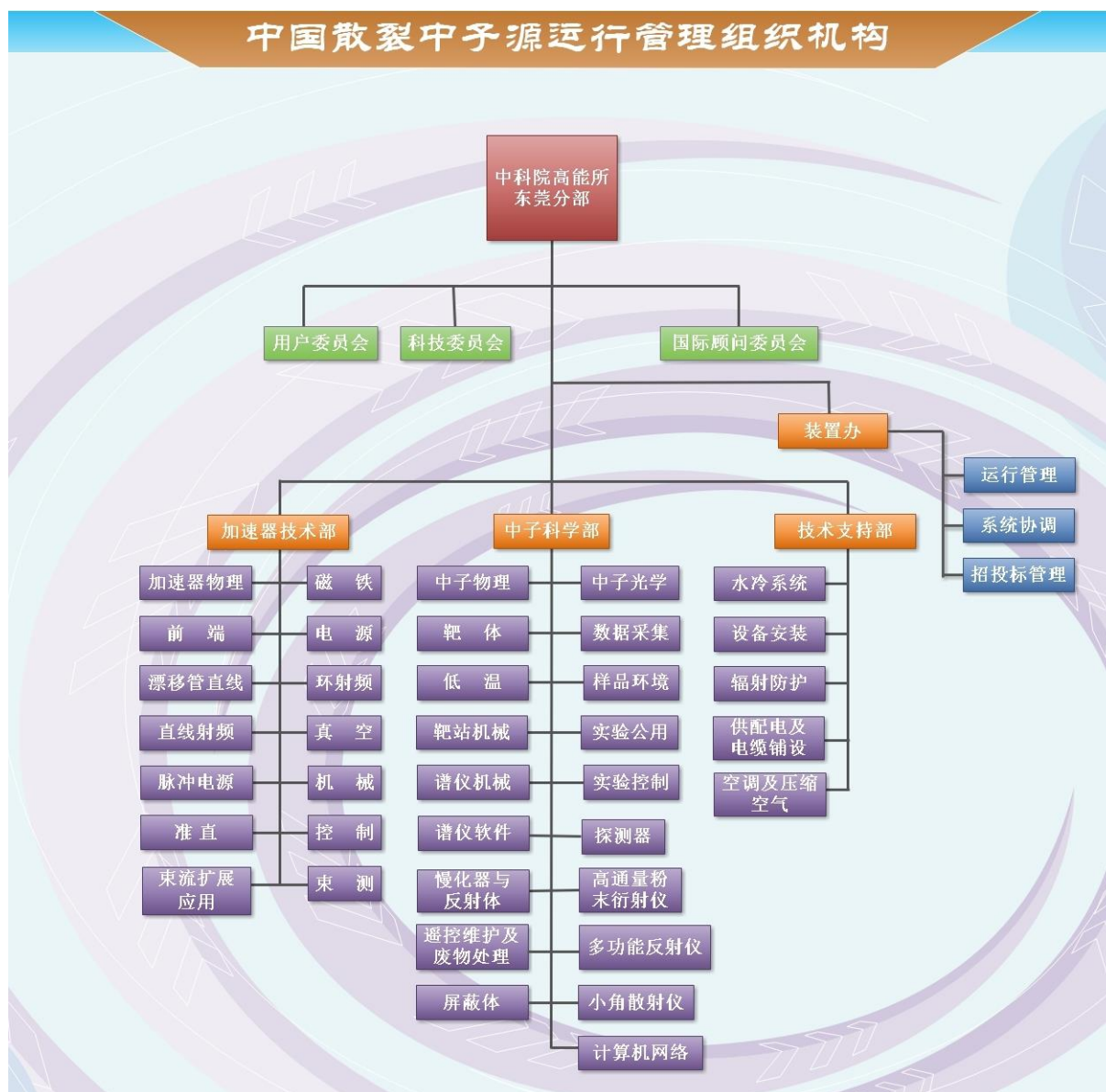
散裂中子源是体现一个国家的科技水平、经济水平和工业水平等综合实力的大型科学研究装置，是开展多学科交叉前沿研究及高新技术研发的先进大型实验平台，能够为我国的多学科创新在国际前沿领域占领一席之地提供良好的机遇。中子散射广泛应用于物理、化学、生命科学、材料科学技术、资源环境、纳米等学科领域，并有望在如量子调控、蛋白质、高温超导等重要前沿研究方向实现突破。强流质子加速器相关技术的发展也将为一些重要的应用如质子治癌、加速器驱动的次临界洁净核能源系统（ADS）等打下坚实的基础，储备丰富的工程建设和运行经验。散裂中子源的建设不但会对我国工业技术的发展起到有力的促进作用，也会带动和提升众多相关产业的技术进步，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



二、研究进展与成果

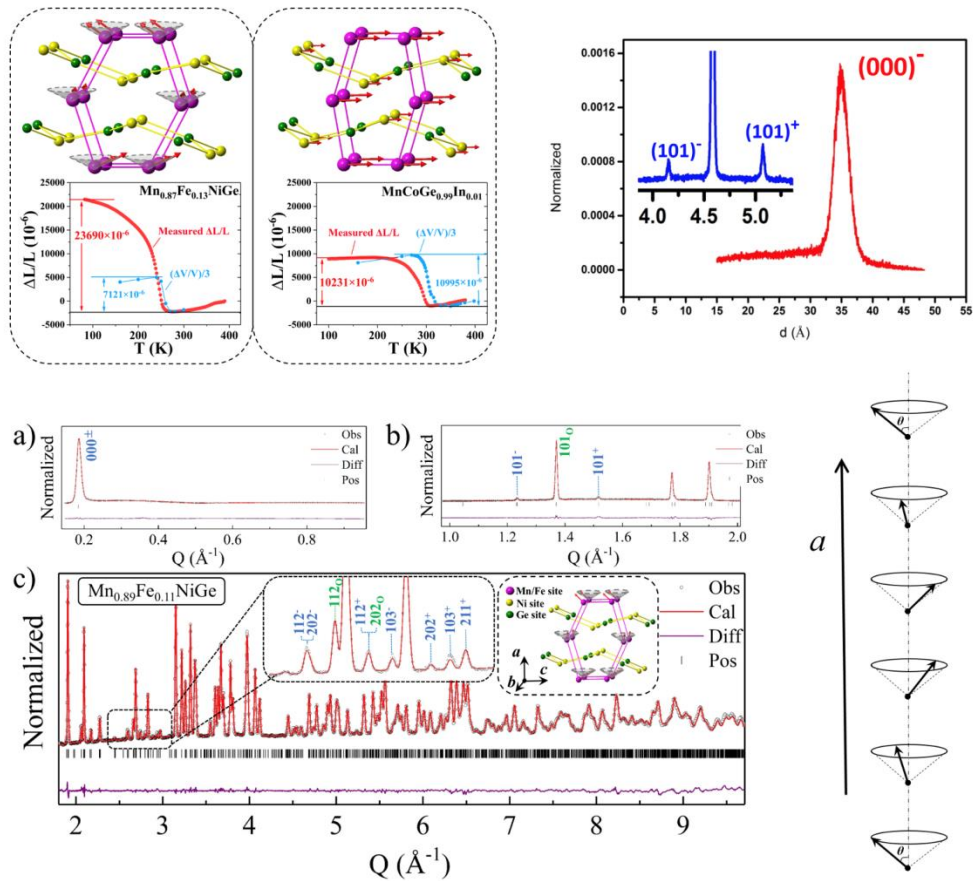
CSNS 打靶功率达到 80kW，打靶束流可用率稳步提升

2019 年加速器打靶束流功率达到 80kW，并保持稳定运行。全年实现有效打靶供束时间 4576 小时，超过 3600 小时的计划目标。供束期间，加速器的供束效率达到 92.6%，超过 90% 的计划目标。每周停机后隧道内的测量结果表明，设备感生放射性远低于手工维护要求的辐射剂量限值，高功率下的加速器运行稳定、安全、可靠。

MM²X 体系合金磁结构调控的负热膨胀研究获得重要进展

现代精密工业领域，如集成电路板、光栅设备以及高精度光学透镜等，迫切需要具有特定精确膨胀系数甚至零膨胀的材料，因此，作为热膨胀行为补偿剂的负膨胀材料成为了研究的热点。中科院物理所胡凤霞研究员团队利用 CSNS 通用粉末衍射仪 (GPPD)

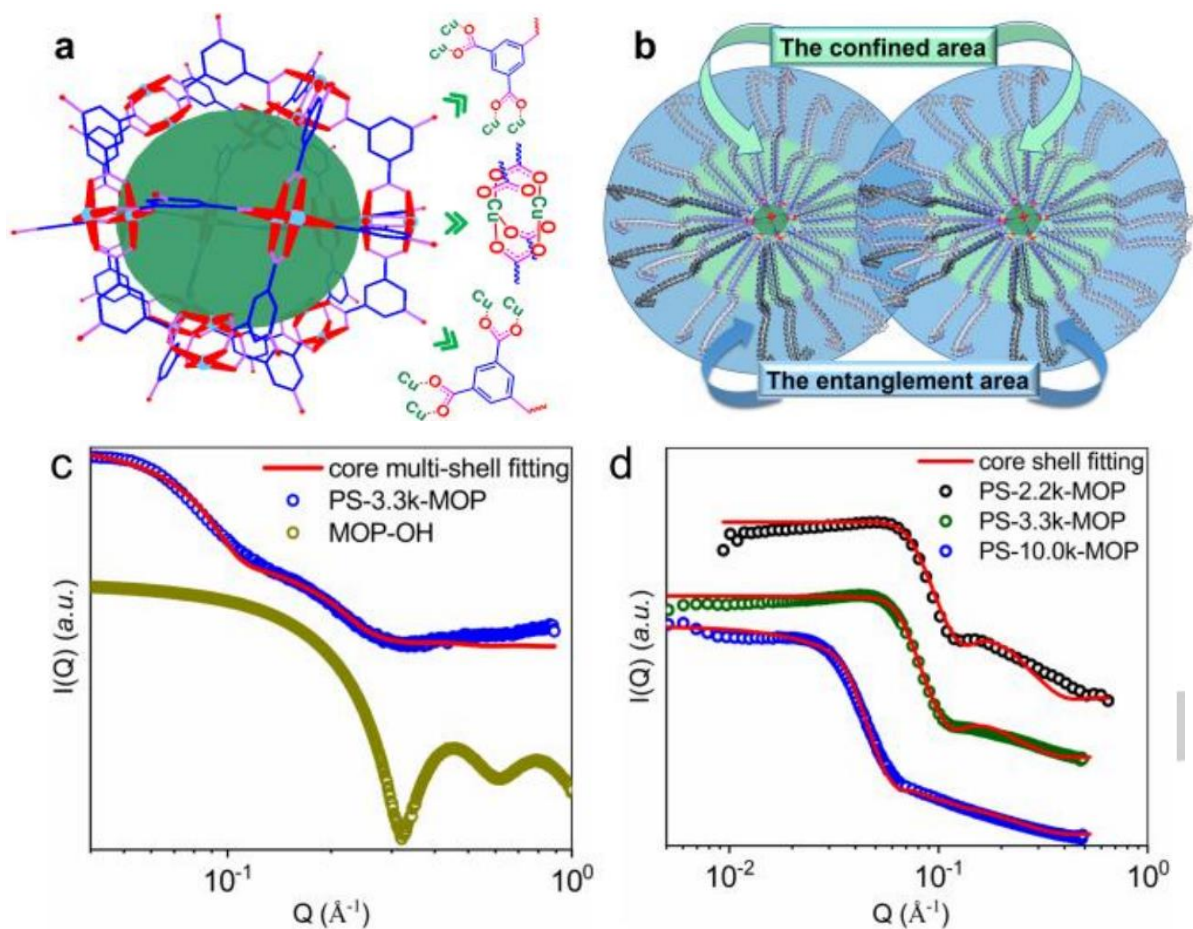
的中子衍射手段，成功解析出了 $\text{Mn}_{0.87}\text{Fe}_{0.13}\text{NiGe}$ 合金中的非公度圆锥螺旋磁结构。首次揭示了非公度螺旋磁结构主导的巨大晶格畸变，以及压制成型过程中引入的织构效应，在掺 Fe 的 MnNiGe 基合金中实现了巨大负热膨胀（NTE）效应。最大线性负膨胀幅度达到 $\Delta L/L \sim -23690 \times 10^{-6}$ ，达到了平均晶格贡献的 3.3 倍，并且超过了目前报道的所有 NTE 材料。该研究成果发表在 *Materials Horizons*（DOI:10.1039/C9MH01602C）。



非公度螺旋磁结构及其对负热膨胀行为的调控

揭示金属有机多面体复合物微相结构与性能关系

金属有机多面体（MOP）是一类由金属离子和多爪形配体自组装而成的、具有独立单元的纳米尺度笼状分子。与传统纳米粒子相比，具有单分散性好、结构组成明确以及可调控的表面性能等优势。华南理工大学殷盼超教授团队利用 CSNS 小角中子散射仪（SANS）和多功能反射仪（MR），成功解析出星型 MOP-聚合物杂化复合物（hairy NPs）微相结构。在此基础上，提出了表面锚定聚合物内层受限伸展、外层解受限舒展缠绕的双层微相结构模型，解释了 hairy NPs 看似违反常识的热力学性质，最终利用该双层微相结构设计出首例金属有机多面体复合的热塑性弹性体。该研究成果发表在 *Angew. Chem. Int. Ed*（DOI: 10.1002/anie.201909241）。



MOP 和 PS-MOP 聚合物的微相结构与小角散射实验结果

科技论文发表、专利授权的情况统计数据

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
79	297	92	31	0	26	8	0

三、设施建设、运行与改造

2019 年，CSNS 顺利完成国家验收后的首个年度的开放运行任务，装置运行稳定可靠高效，运行总机时 7030 小时，其中有效打靶供束时间 4576 小时。加速器全年供束效率达到 92.6%，打靶束流功率提升至 80kW，并按计划开展了机器研究，为进一步提高束流功率和运行效率打下了坚实基础。

用户申请非常踊跃，并已取得多项科学成果，在诸多科技前沿研究领域和解决国家若干重大战略需求（包括许多瓶颈问题）中发挥重要作用。

积极培养更多用户（首期 3 台谱仪注册用户已超 900 人），争取在中子散射研究和应用领域出更多高水平科研成果。

继续做好合作谱仪、二期工程、南方光源预研及研究测试平台项目的建设，为粤港澳大湾区和国家科技创新贡献力量。

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	138	36	98	4	87	49	0	2	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		
329	157	129	43	107	196	26	2	3	44	17	21

* 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

“内地-香港前沿学科发展论坛：中子/同步辐射装置与科学前沿”研讨会召开

9月9~10日，由国家自然科学基金委员会和京港学术交流中心主办、散裂中子源科学中心承办的“内地-香港地区前沿学科发展论坛：中子/同步辐射装置与科学前沿”在东莞召开。本次会议旨在为内地与香港地区专家学者搭建一个中子散射技术与同步辐射技术多学科应用研究的学术交流平台，进一步深化内地与香港科学界的合作与交流。CSNS 工程总指挥、工程经理陈和生院士和香港城市大学校长郭位院士分别担任内地和香港地区的大会主席，来自内地和港澳地区约40名相关领域专家学者参加了本次会议。会议实现了搭建平台、促进合作的预期目的，为CSNS未来谱仪的建设以及正在规划的南方先进光源的发展定位提供了积极的建议和思路。



第九届全国先进气体探测器研讨会成功召开

10月17~18日，第九届全国先进气体探测器研讨会在东莞市召开。本届研讨会由散裂中子源科学中心承办，并得到中国高等科学技术中心资助。来自北京大学、清华大学、散裂中子源科学中心、中国科技大学、中国科学院大学、中科院高能所、中科院近物所、中国原子能院等27个单位共145位科研人员参加了此次会议。会议共安排了40个报告，介绍了国内各单位在气体探测器及其读出电子学领域的最新研究进展和成果，以及国际上本领域的重要工作和前沿动态。在会议中，与会人员还就先进气体探测器及其读出电子学技术的发展，特别是气体探测器在CSNS大装置中的应用进行了深入讨论与交流。

第一届CSNS中子学校召开

为了更好地培养中子散射潜在用户，推进中子散射用户群体的发展与合作，第一届CSNS中子学校于10月20~26日在中科院高能所东莞分部举行。在收到的98份申请中，来自全国27所高校与研究所（包括香港、澳门）的30名学员最终入选。学员主要为在读博士生，也有少数博士后及青年科学家，均有明确的中子散射应用需求与计划。第一届CSNS中子学校达到了预期目标，并为后续每年拟举办的中子学校积累了丰富的经验。



南方先进光源指导委员会召开第一次会议

为推进南方先进光源的前期准备工作，中科院高能所于2019年成立了南方先进光源指导委员会，委员由国内代表性的用户与从事同步辐射相关研究的专家组成。11月28日，南方先进光源指导委员会第一次会议在中科院高能所东莞分部召开。来自19所高校和研究院所、东莞市发改局、中科院条财局重大设施处的33位专家学者和领导应邀参加会议。与会专家学者对南方先进光源的工作进行了深入的讨论，他们肯定了南方先进光源近一年来取得的新进展，对于如何开展用户需求调研提出了具体的意见和建议，并对南方先进光源的下一步的工作给出了建设性的指导和建议。



第三届中国高功率强子加速器上的粒子物理前沿研究研讨会召开

12月7~8日在中科院高能所东莞分部召开了第三届中国高功率强子加速器上的粒子物理前沿研究研讨会。会议由中科院高能所、中山大学、中科院理论物理所联合主办，由中科院高能所东莞分部承办。来自中科院理论物理所、高能所、近物所、日本大阪大学、瑞士PSI、北京大学等14个单位90余名科研人员和研究生参加了此次会议。来自国内外的专家学者围绕未来强流加速器研究、缪子源和中子源及中微子源研究、缪子物理、中子物理、中微子物理、暗光子和暗物质物理等主题做了13场精彩报告，并展开了激烈的讨论。

国际合作

第七届加速器可靠性国际研讨会在广州召开

由中科院高能所东莞分部主办的第七届加速器可靠性国际研讨会（ARW2019），于11月11~15日在广州中山大学学人馆召开。来自世界各地的16个国家和地区的约110名专家学者参加了会议。本次会议共安排了25个大会报告和45个海报展示。报告评述了加速器运行维护、加速器装置安全性、可靠性设计等领域的研究成果以及最新进展。本次会议面向世界知名国家实验室、大学、研究机构，为全世界加速器领域专家学者交流加速器技术、分享加速器运行经验提供了一个宝贵的交流机会。同时也是加强我国加速器技术领域国际交流、促进该领域国际合作的一个重要机会，对进一步推进和开拓我国在相关领域的研究，提升我国的国际地位起到了积极作用。



极化中子技术国际研讨会在东莞召开

11月23日，由中科院高能所东莞分部主办的极化中子技术国际研讨会在东莞召开。此次会议是首次在我国举办的极化中子领域的国际会议，也是“2019东莞高层次人才活动周”举办的重要活动之一。来自近10个国家的20余名国际极化中子领域的顶尖专家学者，围绕极化中子的发展、科学研究与工业应用，以及前沿技术三大主题开展了学术交流与科技研讨。此次研讨会为国内外极化中子领域专家学者提供了一个交流的平台，同时也向国内外专家学者展示了CSNS的科研实力和东莞的科研创新环境。研讨会从极化中子的概念与发展、应用与实验展开，涵盖了磁各向异性研究、自旋动力学、自旋回波和量子凝聚态材料等多个热门研究领域。专家学者们对在各国中子源使用极化中子技术已经和计划开展的实验进行了全方位的研讨，并展望中国极化中子的未来发展。

科普宣传

中科院高能所东莞分部举办第二次公众科学日活动

5月19日上午，中科院高能所东莞分部第二次公众科学日活动如约面向社会公众开放，这也是东莞分部连续第二年与高能所同步举办该活动，今年的主题为“小粒子成就大世界”，带公众走进大科学装置——中国散裂中子源。今年的公众科学日活动继续延续去年的火爆局面，刚一对外发布通知，便迅速收到大量团体和个人预约报名，当天共接待公众参观约6000人。为了一睹“大国重器”的风姿，很多人不辞奔波，从广州、深圳，甚至四川成都等地赶来。不少港澳同胞也专程前来参观，他们对祖国日益强大的科技实力表示由衷的敬佩和自豪。一些外国友人也慕名而来，对中国科技工作者取得的成绩和开放的态度纷纷点赞。此次公众科学日通过生动有趣的现场参观和科普报告激发了孩子们对科学的兴趣和热情，受到学校和家长的普遍好评。



六、大事记

4月15日，科技部部长王志刚在广东省科技厅厅长王瑞军、东莞市市长肖亚非陪同下调研CSNS。

6月11日，国家发展改革委高技术产业司副司长沈竹林一行调研CSNS。

7月3日，广东省副省长覃伟忠一行调研CSNS。

9月9~10日，“内地-香港地区前沿学科发展论坛：中子/同步辐射装置与科学前沿”在CSNS园区召开。

9月27日，CSNS实现80kW束流功率运行。

10月16日，CSNS小角中子散射仪两篇用户实验成果在国际知名期刊发表。

10月17~18日，第九届全国先进气体探测器研讨会在CSNS园区召开。

10月20~26日，第一届CSNS中子学校在中科院高能所东莞分部举行。

11月11~15日，由中科院高能所东莞分部主办的第七届加速器可靠性国际研讨会（ARW2019）在广州中山大学召开。

11月28日，由江苏省委书记娄勤俭、省长吴政隆率领的江苏省党政代表团一行调研CSNS。

12月7~8日，第三届中国高功率强子加速器上的粒子物理前沿研究研讨会在中科院高能所东莞分部召开。

12月13~14日，第二届CSNS缪子源多学科应用研讨会在中国科技大学举行。

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

八、编委及责任编辑

编委：陈延伟

责任编辑：高惠珠