

科技队伍与人才培养

设立“突出成果奖”“青年科技奖”等，培养、稳定优秀团队和年轻人才；推进协同创新战略，与国内大学联合培养创新型人才；充分利用国际合作的良好契机，与国外著名的研究机构、大学联合培养实用型的科技人才。

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		
426	252	163	11	252	132	42	41	29	456	33	

合作与交流

2020年，受疫情影响，全球科研人员的互访交流严重受阻。为了不影响正常的科研交流，我所科研人员积极开展视频会谈、远程办公以及线上国际会议等方式保证科研工作的顺利开展。2020年我所与日本、俄罗斯、捷克、南非、拉脱维亚等5个国家的9所大学或科研机构签订了合作协议，共获得中国科学院国际人才计划资助16项，科技部外国专家项目6项，博士后交流计划资助1项和博士后基金项目资助1项，4人次获得国家公派“创新型人才国际合作培养项目”资助，1人获得“国家建设高水平大学研究生项目”，国际会议资助1项。2020年7月由科技部正式批复启动由近代物理所牵头负责的NICA国际合作项目，批复经费约1.3亿元。

2020年5月23日至24日，兰州重离子加速器国家实验室举办第十六届公众科学日。活动首次全部采用线上形式开展，让公众在云端学习科学知识，感受科学的脉搏，领略科技的魅力。

大事记

- > 1月1日 HIRFL-CSR首次储存加速150MeV/u的²⁰⁹Bi³⁶⁺束流，成功实现最高磁刚度的束流慢引出，为科学实验研究，特别是空间科学研究提供更好的实验研究平台。
- > 1月7日 HIRFL在国际上首次采用直线+回旋+同步的三种不同类型加速器独特组合运行，成功调试出320MeV/u的²⁰⁹Bi⁵⁵⁺束流。
- > 4月21日 中共中央政治局常委、中央纪委书记赵乐际调研兰州重离子加速器国家实验室。
- > 7月11日 兰州重离子加速器(HIRFL)国家实验室2020年束流评审会在兰州召开，会议采取“线上+线下”的方式进行。

国家同步辐射实验室

设施通讯录

单位：中国科学技术大学
地址：安徽省合肥市蜀山区
合作化南路42号
邮编：230029
网址：<http://www.nsrl.ustc.edu.cn>
电话：0551-63602034
0551-63602018
邮箱：zhypan@ustc.edu.cn

综述及基本情况

合肥同步辐射装置(简称“合肥光源”、“HLS”)是我国第一台以真空紫外和软X射线为主的专用同步辐射光源，坐落在安徽合肥中国科学技术大学西校区，由我国第一个国家级实验室——中国科学技术大学国家同步辐射实验室(英文简称NSRL)建设、运行并管理。

合肥光源的建设历经HLS-I和HLS-II两个阶段。HLS-I包括一期工程(1983年立项，1991年通过国家验收，总投资8040万元)和二期工程建设项目(1999年开工建设，2004年通过国家验收，总投资11800万元)。在此期间，合肥光源坚持稳定运行、优质开放的原则，为我国材料、物理、化学、能源环境等领域提供了一个优良的实验平台，取得了一系列研究成果。



HLS-II的建设自2010年8月立项,2014年底完成新建直线加速器、储存环及5条光束线站的首批任务。2016年1月投入正式运行,同时边运行、边建设,逐步完善通用辅助设施的基础设施改造,实施恒流运行等改造,不断提升光束线站性能。目前HLS-II已建设完成,达到三代光源运行水平。

HLS目前拥有10条光束线及实验站,包括5条插入元件线站,分别为燃烧、软X射线成像、催化与表面科学、角分辨光电子能谱和原子与分子物理光束线和实验站;以及5条弯铁线站,分别为红外谱学和显微成像、质谱、计量、光电子能谱、软X射线磁性圆二色光束线和实验站。

作为国家大科学装置和合肥综合性国家科学中心、中国科学院合肥大科学中心的重要组成部分,合肥光源将继续面向世界科技前沿、经济主战场、国家重大需求和人民生命健康,为各领域科学家提供长期、可靠、稳定的技术支撑。

总体目标与学术方向

NSRL致力于提升机器性能,发展新的实验技术和方法,积极引进和培养国内外高水平用户,围绕前沿科学领域和国家重大需求,为国内外众多学科领域提供独特的大型综合交叉研究平台。

在科学实验方面,NSRL围绕合肥大科学中心的能源与环境、量子功能材料、物质与生命科学交叉等领域科学目标,重点发展能量转换材料、化石燃料的清洁燃烧、大气环境、关联电子材料、多尺度生物成像等前沿学科领域的前沿课题研究。同时,还围绕电子加速器前沿科学和用户需求,开展先进光源物理和关键技术研究。

在保证稳定运行、优质开放的基础上,NSRL总体目标是建设成为世界一流水平的低能区光子科学中心,为用户提供世界先进的实验平台,推动我国同步辐射应用研究取得创新成果。

多重量子序关联与竞争下的多铁性磁电效应与多态超低功耗器件项目在多铁性材料、原型器件和磁电耦合新理论等方面取得了重要进展。

国家重大专项及先导A计划项目:提升了聚焦大口径高精密衍射光栅的拼接精度与激光损伤阈值。

研究进展与成果

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
299	/	301	305	0	34	13	0

国家同步辐射实验室瞄准国际前沿和国家需求,凝练科学目标和研究领域,联合高水平用户,在能源催化、材料、生物等基础研究和应用研究方面取得了一系列重要成果。

基于在合肥光源线站的实验,2020年用户发表论文305篇,其中1区220篇。发表在Science、Energy & Environmental Science、Nature Nanotechnology、Nature Chemistry、Chem、Physical Review Letters、Advanced Materials、Journal of the American Chemical Society、Angew. Chem. Int. Ed.等国际著名期刊上。获得发明专利授权34项,实用新型授权13项。

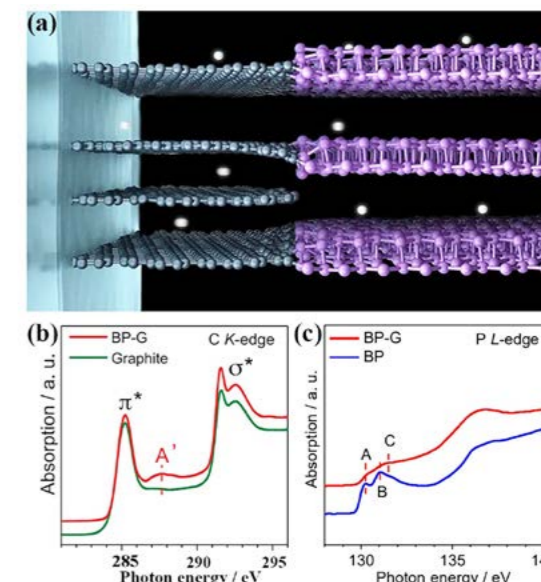


图1 (a)BP-G结构示意图;(b)C的K边、(c)P的L边软X射线吸收谱

快充锂离子负极研究

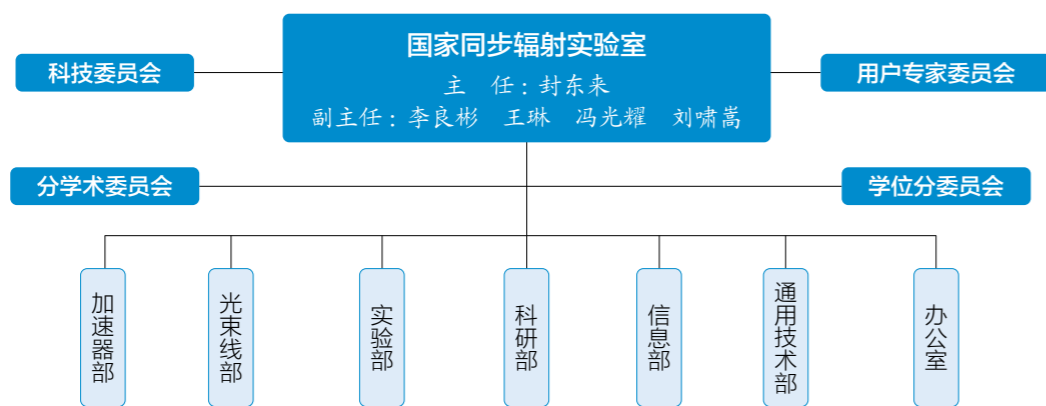
发展具有高能量密度、高功率密度、长循环寿命的锂离子电池是我国能源领域的重大需求。中国科学技术大学季恒星教授团队针对锂电负极材料,依托XMCD线站发现了具有优异质量容量和倍率性能的黑磷材料,但其片层边缘易于被破坏。基于此,近期他们与美国加州大学洛杉矶分校段镶锋教授合作采用高能球磨的办法获得了黑磷与石墨纳米片并肩平行排列的快充锂离子负极新材料,通过合肥光源软X射线谱学技术揭示了碳-磷共价键的形成是提高黑磷电化学反应能力的关键[Science 370:192-197(2020)]。(图1)

单原子反应活性位结构表征

在能源催化领域中,精确探测催化剂在服役

状态下原子尺度结构的动态变化过程对于催化剂的理性设计具有重要意义。中国科学技术大学姚涛教授课题组针对催化反应动态过程,依托光电子能谱线站,发展多种原位同步辐射谱学技术,并结合理论计算,解析了单原子反应活性位结构在电催化能量转换反应中的变化机制。在电催化析氢反应过程中原位观测到,metal/N-C单原子催化剂中金属单原子和载体中C/N原子的配位减少,相互作用减弱,金属原子的价态更接近于零价,揭示了金属单原子催化剂的近自由演变的动力学行为[Nature Commun.11:1029(2020); J.Phys.Chem.Lett.11:6691-

组织框架



国家同步辐射实验室组织结构框图

承担重大项目

合肥先进光源预研项目:完成中国科学院条件保障与财务局、安徽省发展和改革委员会联合组织的总体工艺测试,指标均达到或优于验收指标。

红外自由电子激光光源(国家重大科研仪器设备研制专项主体装置):中红外波段光源通过了专家测试,性能指标均达到或优于计划书考核指标。

科技部重点研发专项:①衍射极限储存环束流物理与关键核心技术研发项目发展了新型聚焦结构,束流注入技术等关键技术研发的原型样机基本达到预期目标。②先进能源材料表面能量转换过程的多维度原位同步辐射研究项目探索能源材料服役状态下能量转换机理及表面原子和分子等多尺度动态过程,在新能源、核能、化石能源材料表面原位过程研究等工作中取得了一系列原创性重要研究成果。③

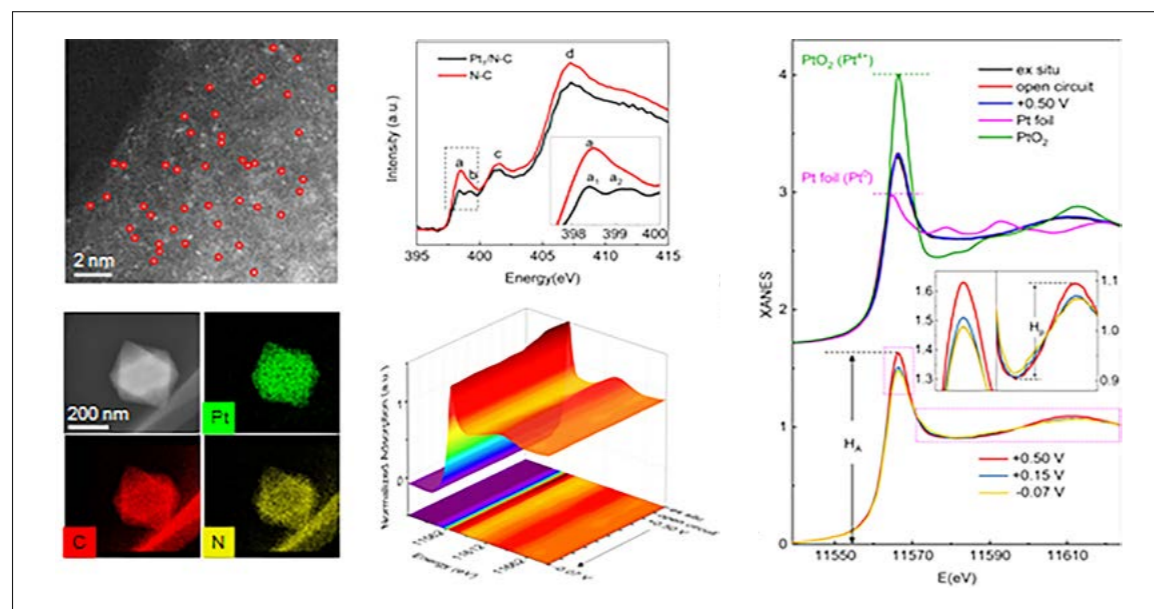


图2 单原子Pt催化剂的原位同步辐射表征及近自由结构演变过程

6696(2020); J.Phys.Chem.C 124:2756-2761(2020)]. (图2)

合成氨工艺研究

探索温和的合成氨方法一直以来都是能源领域面临的重大挑战。吉林大学蒋青教授团队联合韩国蔚山国家科学技术研究所Jong-Beom Baek教授团队和加拿大卡尔加里大学Samira Siahrostami团队实现了基于购置的廉价Fe粉催化剂的合成氨工艺,该方法能够在低至45°C和1 bar的条件下实现82.5 vol%的氨产量,这远远高于最先进的哈伯-博世工艺(450°C, 200 bar中的氨产量25%)和电化学方法(10-2900 ppm,即在电解液中0.6-170 μM)。

在研究过程中,该团队借助合肥光源XMCD线站的软X射线吸收谱证明了反应过程中形成的弱耦合作用的铁-氮键是获得这一优异性能的关键,这一研究成果将对指导合成高效合成氨催化剂有重要的意义[Nat.Nanotechnol. DOI: 10.1038/s41565-020-00809-9]。(图3)

磁致机械力治疗联合化疗克服肿瘤耐药性研究

近年来,利用磁控方法克服肿瘤耐药性,实现安全、可控、有效地治疗癌症已成为该领域的研究热点之一。这种精确、无创、远程的方式不仅可以

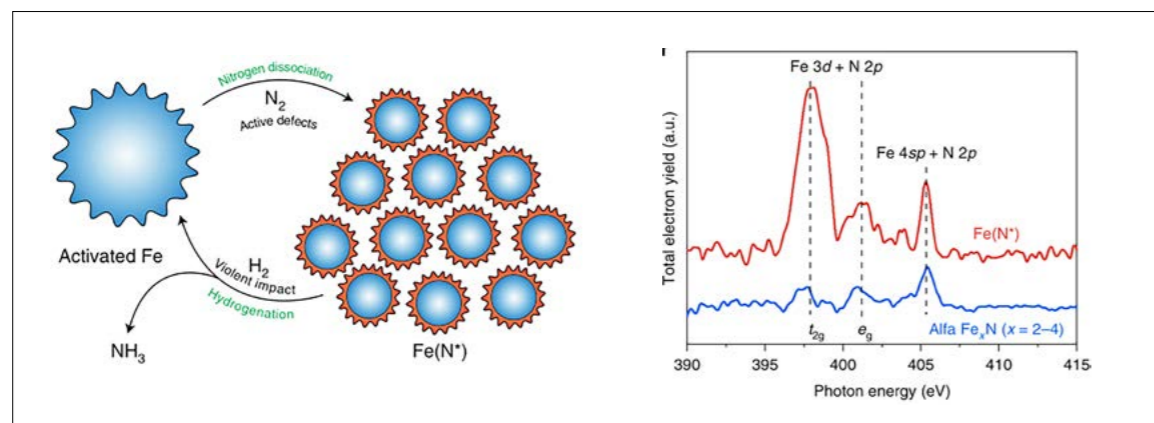


图3 上:氨合成工艺示意图;下:N K-edge软X射线吸收谱

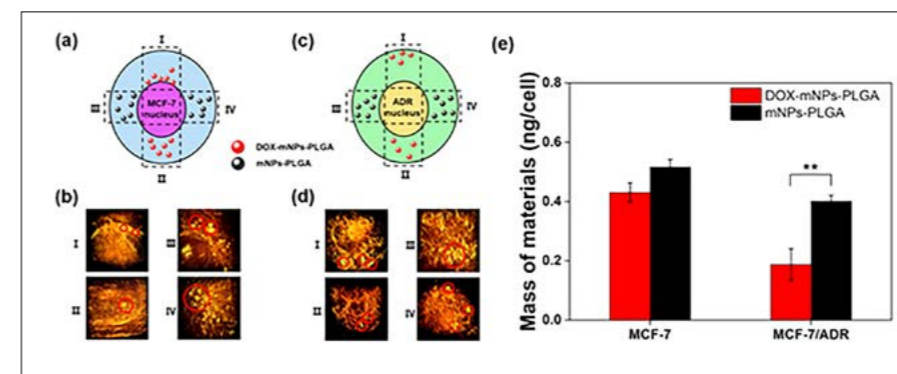


图4 两种纳米复合物与不同癌细胞相互作用的高分辨三维成像

自由控制纳米药物的释放时间,也能在有效范围内增大对肿瘤的机械杀伤。中国科学院宁波材料技术与工程研究所吴爱国课题组合成了一种纳米复

合物,通过外部磁力控制其内部化疗药物释放并使其产生磁致机械力,实现磁力-化疗双重杀灭肿瘤细胞的目的。利用合肥光源软X射线成像技术研究了纳米复合物与细胞的相互作用,发现两种纳米复合物在不同癌细胞中占据的位置不同,进一步阐明了纳米复合物会对不同癌细胞的细胞膜和细胞基质产生不同的机械杀伤作用[Nano Today 35:100967(2020)]。(图4)

设施建设、运行与改造

专用研究设施

设施名称	设施运行总机时	调束注入机时	提供束流机时	机器研究机时	用户实验机时	停机检修机时	故障机时	其他
合肥同步辐射装置	6277.42	6.67	4499.95	1324.81	34122.91	426.33	19.66	0

公共实验设施

设施名称	实验束线数	实验站(终端)数	用户单位数	用户计划实验课题数	用户完成实验课题数	用户实验参加人数	用户实验涉及领域及比例	故障机时
合肥同步辐射装置	10	10	78	330	373	1321	物理 14.63% 化学 44.57% 生物 3.19% 地质 2.03% 材料科学与工程 21.78% 其他 13.78%	0

用户单位数

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
合肥同步辐射实验装置	78	22	53	3	49	23	0	6	0

2020年度主要目标是保障合肥光源高效率、稳定的运行;进一步完善提高实验线站性能、提高运行可靠性及用户满意度;围绕重点研究方向,服务用户开展科学研究,取得若干重要成果。

光源的运行、维护、机器研究情况

合肥光源在圆满完成了2020年度运行计划的基础上，束流强度由360 mA提高到400 mA，运行的有效机时率(Availability)达到了99.57%，平均两次故障间隔时间(Mean Time Between Failures)为155.17小时，平均故障修复时间(Mean Time To Repair)降低到0.702小时，运行水平处于世界同步辐射用户装置最优行列。

开放共享

实验室积极主动开拓全方位交流渠道，通过合作交流、高端用户研讨会等形式，邀请高水平用户积极参与实验室的建设，注重倾听对线站建设、实验技术发展的建议和需求。

2020年度虽受新冠疫情影响，但实验室努力克服困难、创新服务，帮助用户远程完成实验，线站正常稳定向国内外用户开放。ARPES与XMCD两条线站完成改造，性能提升，增加了自旋探测和八极矢量电磁场设备，为磁性材料和量子拓扑材料研究提供支持；针对能源材料的研究，与苏州大学合作共建了原位软X射线谱学装置。

科技队伍与人才培养

在中国科学技术大学的支持下，制定并实施《国家同步辐射实验室队伍建设总体实施方案》、建立起适合实验室工程技术研究队伍特点的支撑岗位管理模式。通过人才助推计划，加强人才团队建设，助推青年人才成长，优化内部人才培养梯队。

积极联系和引进优秀人才，2020年度引进正高级人才10人(国家创新人才计划青年项目入选者2人，中国科学院人才计划入选者4人)，副高级人才13人，博士后19人。其中总师级人才1人，关键工程技术岗位系统级负责人4人，优秀线站科学家5人。充分发挥现有高端人才力量，注重现有人才培养，新增万人计划领军人才入选者1人、国家杰出青年科学基金获得者1人，5人入选我国“2020年高被引科学家名单”(2020年11月18日科睿唯安科学信息研究所发布)。

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		
202	135	61	6	95	68	39	34	23	304	32	2

合作与交流

国内合作

与苏州大学共建软X射线能源材料原位分析线站(MCD-B支线)通过验收并投入使用，为我国能源和催化领域的研究提供了先进的原位谱学表征技术。

国际交流与合作

2020年，应对全球新冠疫情的影响，对外交流合作采用了线上、线下相结合的形式开展。

实验室邀请了来自英国、瑞士、加拿大、美国、德国、新加坡、韩国等多个国家的同步辐射领域专家约14人次进行学术交流，多位专家做高水平学术报告。

实验室研究人员多以在线形式参加国际会议，受邀做大会报告，开展对外交流合作。

学术会议

“合肥先进光源用户需求与线站规划视频研讨会”邀请了来自国内外200余家单位的1600多位代表参会，参会人次超过2000。会议围绕谱学、成像、散射等先进实验方法与技术，探讨了物理、化学、材料、能源、地质、环境、生命、健康以及工业等领域对合肥先进光源的需求。

“启明论坛”系列报告会邀请了英国Diamond、瑞士PSI、加拿大等光源的高水平专家在线做学术报告及交流研讨，旨在助力前沿科学，为未来科学发展擎灯明路。

“Surface Science and Catalysis Studied by Advanced Techniques”系列国际论坛邀请了美国、德国、新加坡、韩国等国家的知名高校和研究机构的专家学者，针对表面科学和催化领域的前沿问题，结合近期重要研究成果，举办了11场精彩报告。

科普活动

2020年时逢新冠疫情影响，5月23-29日科技活动周、8月29日公众科学日期间，实验室适时推出了网络直播的模式，实现了实验室的“云开放”。

举办了第十届光子科学夏令营，共126名来自厦门大学、西安电子科技大学、武汉大学、兰州大学、南开大学等50所全国各高校的学生参加。

大事记

- > 2月27日-3月4日 召开合肥先进光源用户需求与线站规划系列(视频)研讨会。
- > 3月31日-4月30日 完成合肥先进光源五项关键技术方案评审。
- > 5月17日 合肥先进光源总体方案论证会顺利召开。
- > 5月23日-5月29日 科技活动周。
- > 6月23日 日举办合肥先进光源科创产业融合发展论坛。
- > 7月 合肥先进光源项目经中国科学院推荐申报国家重大科技基础设施十四五规划
- > 8月29日 2020年公众科学日线上线下同步举办活动。
- > 12月5日 中国科学技术大学红外自由电子激光能源化学研究中心成立揭牌。
- > 12月24日 我国第一个红外自由电子激光用户型光源中红外波段光源性能通过专家测试。
- > 12月28日 合肥先进光源预研项目顺利完成总体工艺测试。