

2023
中国科学院



重大科技 基础设施 年度报告



中国科学院条件保障与财务局

合肥同步辐射装置

设施通讯录

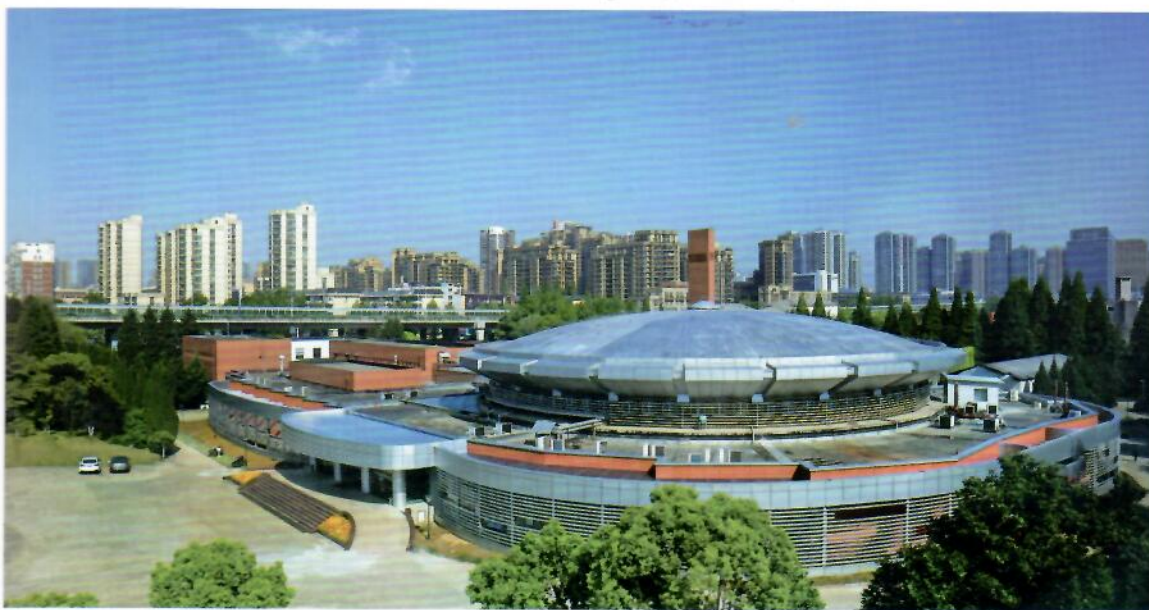
单位：中国科学技术大学
地址：安徽省合肥市蜀山区合作化南路42号
邮编：230029
网址：<http://www.nsrl.ustc.edu.cn>
电话：0551-63602034
0551-63602018
邮箱：zhypan@ustc.edu.cn

综述及基本情况

合肥同步辐射装置(HLS)简称“合肥光源”，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(NSRL)建设、运行并管理。

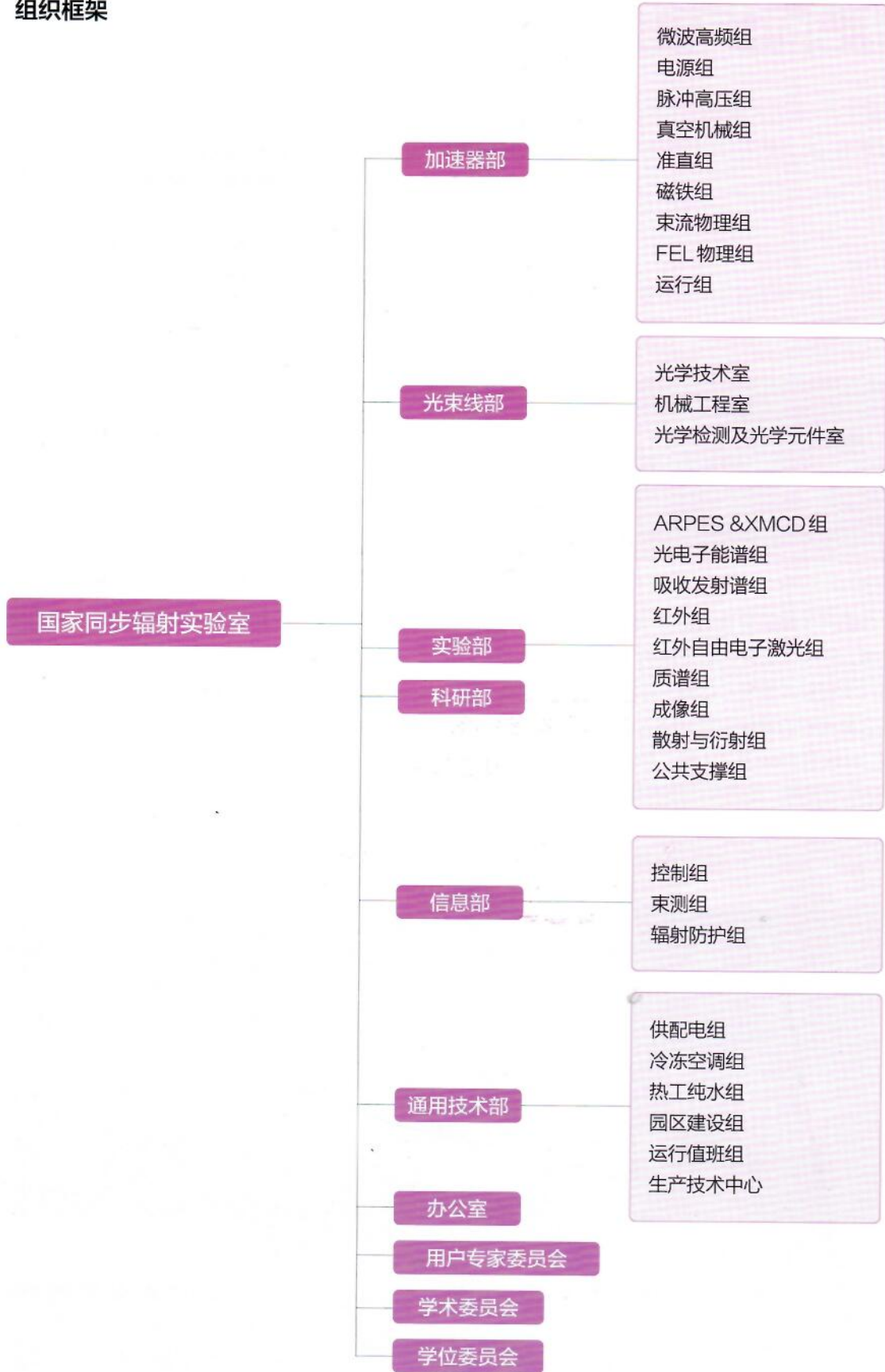
合肥光源的建设历经HLS-I和HLS-II两个阶段。HLS-I包括一期工程(1983年立项，1991年通过国家验收，总投资8040万元)和二期工程(1999年开工建设，2004年通过国家验收，总投资11800万元)建设项目。在此期间，合肥光源坚持稳定运行、优质开放的原则，为我国材料科学、物理学、化学、能源环境科学等领域提供了一个优良的实验平台，取得了一系列研究成果。

HLS-II的建设于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



合肥光源外观图

组织框架



国家同步辐射实验室组织结构框图

务。2016年1月投入正式运行，同时边运行、边建设，逐步完善供电基础设施改造，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，达到国际同类装置优秀运行水平。

合肥光源目前拥有10条光束线及相关实验站，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、原子与分子物理光束线和实验站；还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。

作为国家重大科技基础设施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致力于提升同步辐射装置性能，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。在保证稳定运行、优质开放的基础上，合肥同步辐射装置致力于提供世界一流水平的红外—真空紫外—软X射线波段的光源和光束线站，成为国家交叉科学研究中心和人才培养基地，为用户提供先进的实验方法和技术，推动我国同步辐射应用研究取得创新成果。

主要学术研究方向为：

能源与环境

量子功能材料

物质与生命科学交叉

先进光源物理和关键技术研究

设施负责人

国家实验室主任：封东来

副主任：李良彬 冯光耀 刘啸嵩 冷用斌

国家实验室学术委员会主任：李为民

常务副主任：姚涛

副主任：刘功发

研究进展与成果



图1 合肥光源储存环大厅

国家同步辐射实验室瞄准国际前沿和国家需求，不断凝练科学目标和研究领域，联合高水平用户，在能源催化、生命健康、凝聚态物理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NSRL线站的实验，2022年用户发表论文436篇，其中1区论文331篇。发表在*Nature Catalysis*、*Nature Nanotechnology*、*Nature Communications*、*Joule*、*Physical Review Letters*、*Advanced*

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
401		409	436	1	36	2	

Materials、*Journal of the American Chemical Society*、*Energy & Environmental Science*、*Advanced Energy Materials* 等国际著名期刊上。获得省部级以上奖励 1 项，获得发明专利授权 36 项，实用新型专利授权 2 项。

新型广谱抗新冠病毒纳米材料的研发

新型冠状病毒肺炎的全球大流行已对人类健康和世界经济造成了巨大打击。来自中国科学院深圳先进技术研究院李洋和李红昌、国家纳米科学中心陈春英、高能物理研究所王黎明及昆明动物研究所郑永唐组成的团队合作研发了铜铟磷硫二维纳米材料 (CIPS)，具有抗新冠病毒的效果。利用合肥光源软 X 射线透射显微成像技术，在单细胞水平上观察了 CIPS 的细胞摄取、蓄积、降解与外排，实现了纳米材料胞内化学行为的单细胞分析。实验数据表明，通过鼻滴给药的 CIPS 能够在 7 天内从小鼠肺部代谢，代谢产物可通过尿液排出体外 [*Nature Nanotechnology* 17(9):993-1003 (2022)] (图 2)。

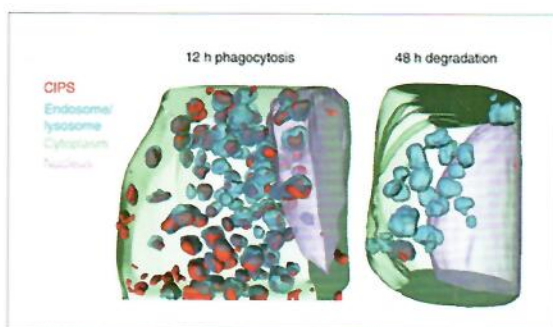


图 2 基于软 X 射线透射成像的 CIPS 纳米材料的可视化胞内追踪

氧八面体倾转的钴自旋态调控研究

利用结构近邻效应引起的巨大氧八面体倾转可以改变磁性离子的自旋态，进而制备单原子层厚度的铁磁性超薄膜。中国科学院物理研究所/北

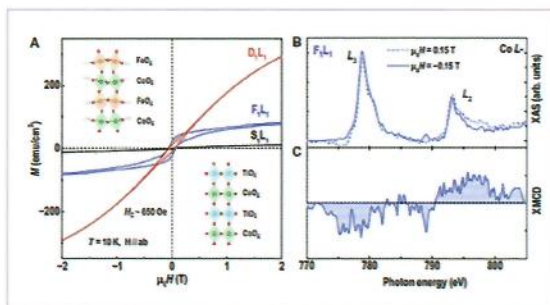


图 3 单层超晶格通过八面体旋转调控磁性状态，磁滞回线以及 LaCoO₃ 的 XMCD 谱线

京凝聚态物理国家研究中心的郭尔佳特聘研究员、金奎娟研究员和中国科学院高能物理研究所的殷雯研究员，成功制备了单原子层厚度的具有铁磁性的 LaCoO₃ 超薄膜，其饱和磁化强度达到了 ~0.7 μ_B/Co。他们利用合肥光源软 X 射线磁性圆二色光束线站表征了 LaCoO₃ 薄膜的 X 射线吸收谱和 X 射线磁圆二色谱，结果证实了钴离子从低自旋态转变为较高自旋态 [*Science Advances* 8(43):eabq3981 (2022)] (图 3)。

单原子双功能氧催化研究

原子分散过渡金属位点的制备仍具有挑战性，需要新的设计策略和合成方法。基于此，清华大学

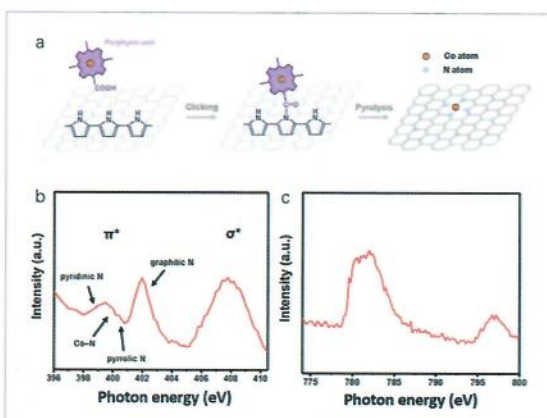


图 4 (a) 点击限域策略制备 Co-N-C 单原子催化剂的示意图。(b) Co-N-C 单原子催化剂的 N K-edge XANES 谱图，(c) Co-N-C 单原子催化剂的 Co L-edge XANES 图谱。

张强教授、北京理工大学李博权教授设计了一种点击限域策略,可作为一种新的合成方法来限制前体中的过渡金属原子,制备Co-N-C单原子催化剂。该团队对Co-N-C单原子催化剂的N和Co元素结构进行了软X射线吸收光谱表征。结合软X射线吸收谱、HAADF-STEM和XPS证实了原子分散的Co-N-C结构。这种点击限域策略可有效地扩展制备过渡金属单原子位点的方法,实现高效双功能氧电催化和锌空气电池性能[*Science advance* 8(11):eabn5091 (2022)](图4)。

设施建设、运行与改造

专用研究设施 / 公共实验设施

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	实验束线数	实验站(终端)数	用户完成实验课题数	用户实验涉及领域比例
合肥同步辐射装置	6815.13	10.55	5459.12	879.35	41179.33	454.17	11.94	10	10	466	物理学 17.78%; 化学 24.2%; 生物学、医学 4.17%; 能源、环境科学技术 15.4%; 材料科学与工程 24.68%; 其他 13.79%

用户课题数

设施	用户课题总数	院内	院外		其中		
			国内	国外	大学	研究所	企业
合肥同步辐射装置	466	262	191	13	410	49	7

2022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2022年全年400 mA恒流供光运行。全年总运行时间为6815小时,其中供光时间为4859小时。光源运行的有效机时率(Availability)为99.75%,平均两次故障间隔时间(Mean Time Between Failures)为179.97小时,平均故障修复时间(Mean Time To Repair)为0.45小时,光源运行水平处于世界同步辐射用户装置最优行列。

光束线站维修改造情况

光电子能谱光束线和实验站完成了维修改造,于2022年7月顺利通过中国科学院专家组验收,光束线的整体性能指标得到极大提升:在100—1000 eV的能量范围内,实现了大于 1×10^{10} photons/s@Res. p.的光通量及全能区优于1000的能量分辨率,样品点处光斑尺寸小于 $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$,244eV处的能量重复性优于0.1eV。

质谱光束线即将完成维修改造,光束线采用“一线两站”的设计,升级了光学系统以提高光子通量,拓展能量范围,加强系统的工程设计以确保光斑尺寸稳定性;滤波池采用一体式设计和加工,提高了高次谐波滤除效率,可实现痕量气相成分准确定量探测。

技术与方法的创新

红外谱学和显微成像线站研制成功国内首个真空型低温高压红外谱学装置及低温强磁场红外显微谱学装置，提升了线站的综合性能，有力支撑了用户的高水平产出。

夏威夷大学、中国科学技术大学、华东师范大学三方合作，建成全球首套结合同步辐射光源的天体化学低温超高真空反应装置。装置采用高能电子枪等辐照源模拟宇宙环境中宇宙射线作用，结合同步辐射质谱原位诊断及光谱诊断方法，模拟星际极低温环境下冰相表界面的物理化学过程。

开放共享

NSRL 积极主动开拓全方位交流渠道，通过中

国科学院合肥大科学中心高端用户项目、高端用户研讨会等形式，邀请用户积极参与合肥光源的发展，注重倾听专家与用户对线站建设、实验技术研发的建议和需求。

10 条光束线及实验站正常稳定向国内外用户开放，在疫情影响严重的时期，仍然努力克服困难，积极与用户沟通，协助用户完成远程实验。



用户在合肥光源储存环大厅内开展用户实验

科技队伍与人才培养

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		
203	136	61	6	111	66	26	33	13	424	27	

* 指通过“百人计划”“千人计划”等引进的人才。

合作与交流

国内外合作

与浙江光电子研究院签署中国科学技术大学 金华市人民政府深化战略合作协议。与皖维集团合作开发新型显示 PVA 光学膜基膜，5000 吨光学膜树脂和 700 万平方米偏光膜基膜生产线均实现量产。

NSRL 获批 4 项国际访问教授和英文授课计划项目，引进 1 位 ANSO 大科学装置访学计划专家。2 位科研人员获批国家基金委创新型人才国际合作培养项目及公派访问学者项目，多人以在线形式参加国际会议，1 人受邀作大会报告。

承办的主要学术活动

2022 年合肥光源用户学术年会邀请来自全国 48 家单位的 200 名代表现场参会，此外还有 100 余名代表通过视频参会，交流了生命、环境、材料、催化化学、纳米、光学器件等领域的科研成果。



2022年合肥光源用户学术年会合影

“启明论坛”系列报告会邀请了高校、科研院所的34位高水平专家作学术报告及交流研讨。

“Surface Science and Catalysis Studied by Advanced Techniques”系列国际论坛邀请了德国的知名专家学者，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3场精彩报告。

举办科普活动

举办科技活动周暨第十八届公众科学日活动，为全国科普教育基地揭牌，以线上和线下多种形式结合开展。

举办第十二届光子科学夏令营，100余名来自全国30多所高校的优秀学生线上参加了活动。



参加科技活动周暨第十八届公众科学日的小学生

大事记

- ▷ 3月 入选中国科协2021—2025年第一批全国科普教育基地名单。
- ▷ 5月21日 举办2022年科技活动周暨第十八届公众科学日活动。
- ▷ 6月8日 与浙江光电子研究院签署合作协议。
- ▷ 7月4日 合肥市长罗云峰走访国家同步辐射实验室。



合肥市长罗云峰走访国家同步辐射实验室

- ▷ 7月18—22日 举办第十二届光子科学优秀大学生夏令营。
- ▷ 8月1—3日 合肥光源2022年用户学术年会在浙江金华召开。
- ▷ 11月8日 2021年度安徽省科学技术奖励大会召开，获安徽省自然科学一等奖、安徽省科学技术进步奖一等奖各1项。