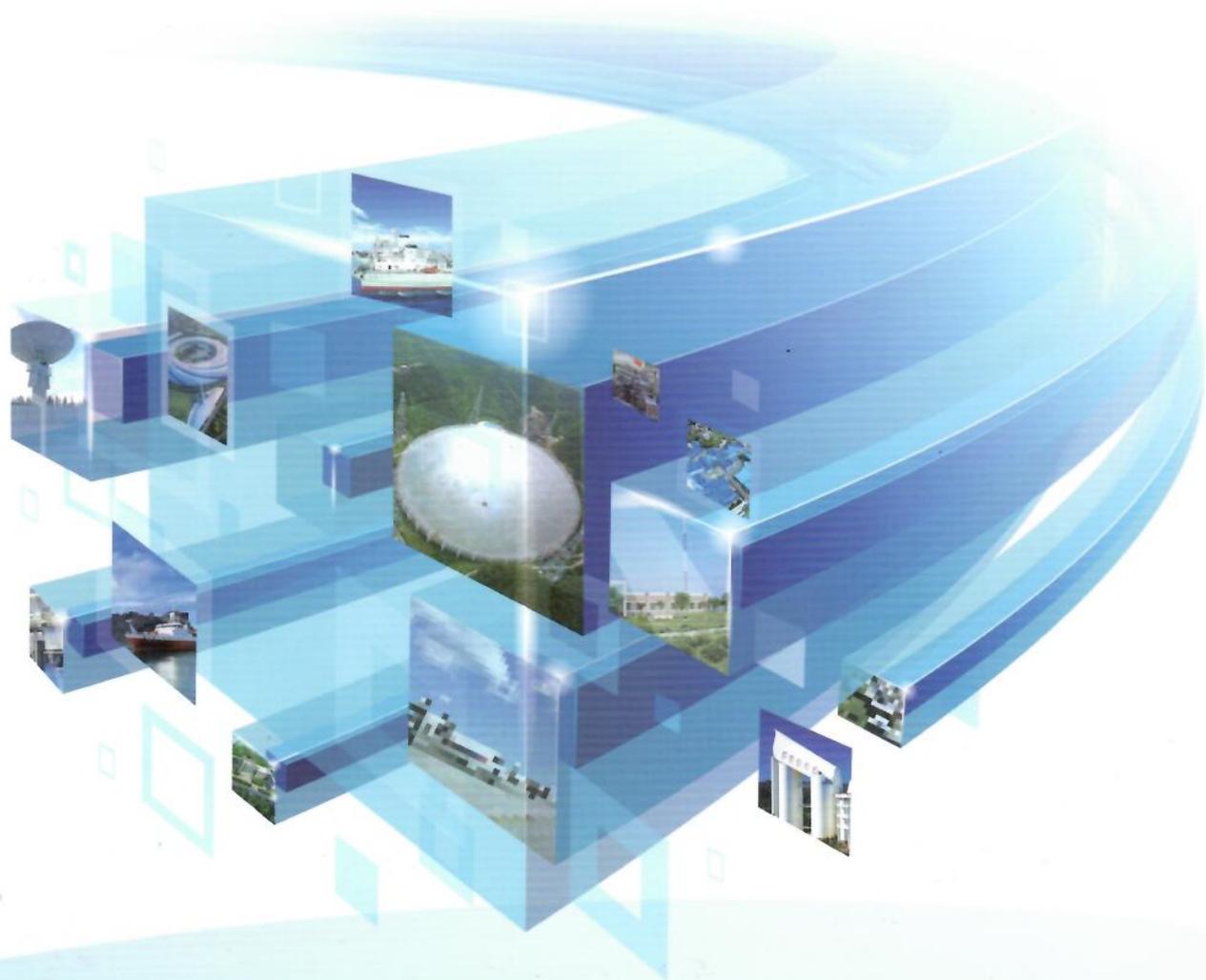




# 2024中国科学院 重大科技基础设施 年度报告



中国科学院科技基础能力局



# 2024

中国科学院

重大科技  
基础设施  
年度报告

中国科学院科技基础能力局

# 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：[nsrl\\_yhb@ustc.edu.cn](mailto:nsrl_yhb@ustc.edu.cn)

## 综述及基本情况

合肥同步辐射装置(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,1983年立项,1991年通过国家验收。二期工程建设项目1999年开工建设,2004年通过国家验收。该装置主要包括800 MeV 直线加速器注入器、800 MeV 电子储存环和10条光束线及相关实验站。项目法人单位为中国科学技术大学,责任单位为国家同步辐射实验室,建设地点为安徽省合肥市蜀山区。

HLS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



合肥同步辐射装置外景



合肥光源储存环内景

定运行、优质开放的基础上，国家同步辐射实验室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。

### 设施组织框架



### 研究进展与成果

在科技前沿突破方面，发挥低能区线站精确表征电子结构的优势，在准一维钼基氧化物、莫特绝缘体、二维激子绝缘体等强关联量子材料领域的前沿方向取得系列探索性成果；确定了新型纳米级碳异构体的电子结构[Nature 614(7946): 95(2023)]，发现了可用于穿戴电子产品的弹性铁电体材料的新奇物性[Science 381:540(2023)]，提供了5G通信关键材料微波介电陶瓷的结构信息，获得了合成气

制烯烃、二氧化碳制氨基酸等反应过程中的动态活性结构，为多种功能材料物性研究和产业应用提供了重要信息。

#### 弹性铁电体材料合成研究

中国科学院宁波材料技术与工程研究所的李润伟研究员和胡本林研究员课题组开发了一种低

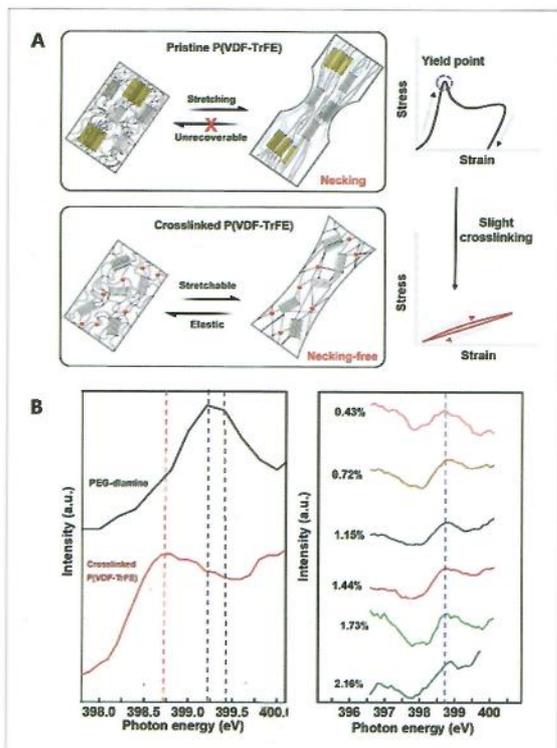


图1 图A为聚合物FE在应变下的塑性变形(上图)和弹性变形(下图)的宏观和分子尺寸变化以及应力-应变曲线示意图;图B为聚乙二醇二胺 PEG-diamine 和不同交联密度交联薄膜 P(VDF-TrFE) 的 N K 边 NEXAFS 光谱。

交联密度的交联策略,称为“轻微交联”方法;交联剂中的长软链作为低模量的增塑剂。低交联强度

可以赋予线性聚合物铁电体弹性回弹性(可恢复至125%应变),同时保持高结晶度,从而获得良好的有限元响应。研究团队通过合肥同步辐射装置光子能谱实验站(BL10B)的软X射线谱学表征方法,证明了材料中的轻微交联。这项工作为未来可穿戴电子产品的开发提供了强有力的支持。相关研究成果发表在国际期刊《科学》(Science)上。(图1)

### 新型人工碳基晶体研究

中国科学技术大学朱彦武教授团队联合韩国基础科学研究所 Rodney. S. Ruoff 教授,利用氮化锂对富勒烯 C<sub>60</sub> 分子晶体进行电荷注入,为碳基晶体材料提供了一种“拼乐高”式的制备技术。研究团队借助合肥同步辐射装置软X射线磁性圆二色实验站(BL12B)的同步辐射软X射线吸收谱学表征研究了LOPC的电子结构(图2b),C<sub>60</sub> 分子晶体、LOPC 晶体和 C<sub>60</sub> 聚合物晶体的 C K-edge NEXAFS 图谱(图2c)与拟合结果(图2d)表明:LOPC 是一种在富勒烯碳向石墨烯碳转变过程中出现的亚稳结构,随退火温度的升高,呈现出从半导体型向金属型转变的性质。这一研究成果将提高我们对合成新型碳基晶体的认识,相关研究成果发表在国际期刊《自然》(Nature)上。

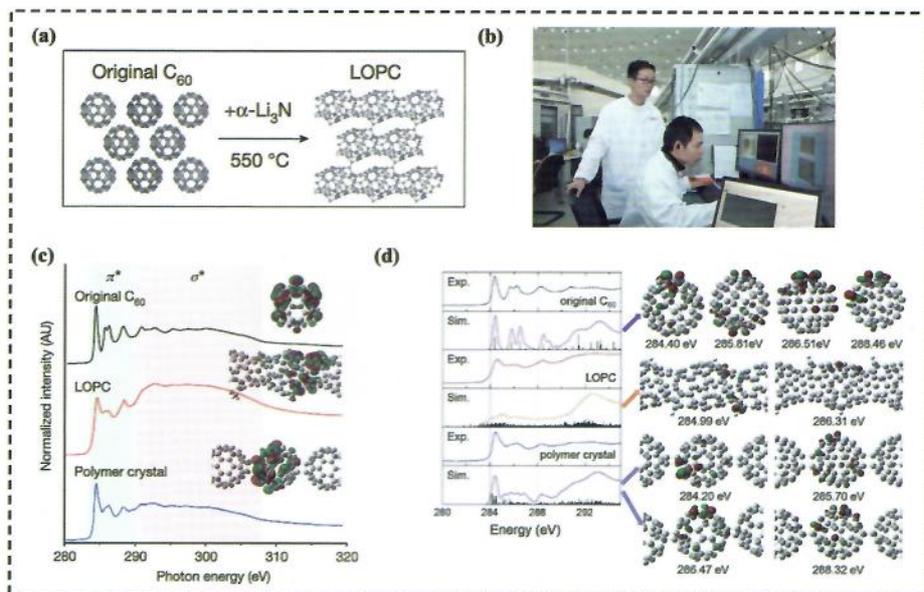


图2 (a) LOPC 的合成示意图, (b) 研究人员在合肥同步辐射装置软X射线磁性圆二色站(BL12B)进行数据采集, (c) 富勒烯 C<sub>60</sub> 分子晶体、LOPC 晶体和 C<sub>60</sub> 聚合物晶体的 C K-edge NEXAFS 图谱及 (d) 模拟结果。

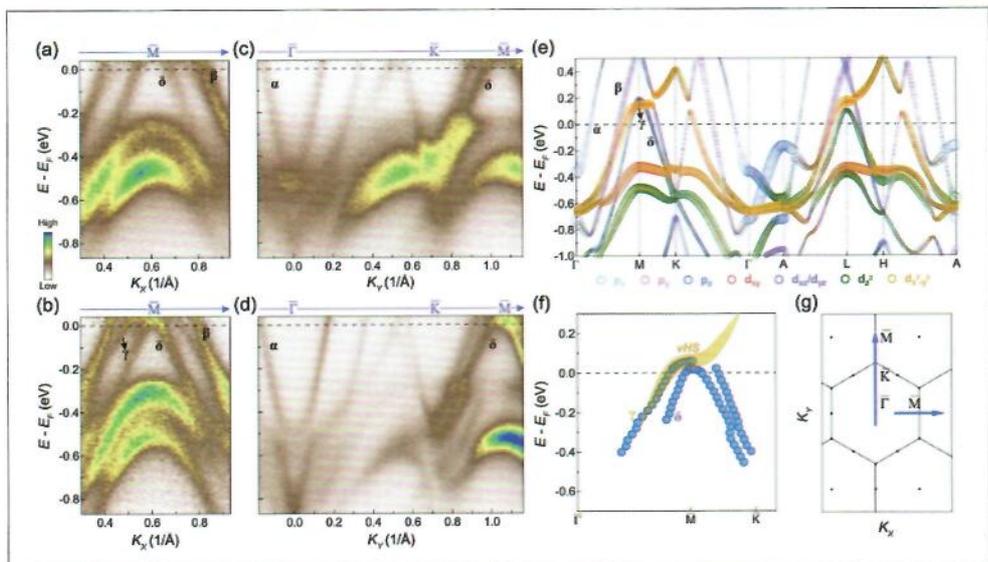


图3 CsTi<sub>3</sub>Bi<sub>5</sub> 电子结构随Cs掺杂的演变

### 新型笼目晶格材料中能带结构与晶格稳定性研究

新型Ti基笼目金属材料CsTi<sub>3</sub>Bi<sub>5</sub>的结构与AV<sub>3</sub>Sb<sub>5</sub>相似，但却不展现电荷密度波态。通过合肥同步辐射装置ARPES实验站(BL13U)高分辨率的角分辨光电子能谱研究，中国科学技术大学和北京理工大学的联合研究团队精确地测量了这种材料的电子结构，并结合理论计算，发现晶格不稳定性在笼目金属中引发电荷密度波相变的过程中扮演了关键角色。这项研究对理解电子和晶格在材料中的相互作用提供了新的视角，相关研究成果发表在国际期刊《物理评论快报》(Physical Review

Letters)上，并被选为“封面文章”。(图3)

在服务国家重大需求方面，与航天科工集团航天三院三〇三所合作，建立了极远紫外空间载荷校准系统，先后为“风云三号”卫星完成12台套的真空紫外光度计的校准测试，解决了我国极远紫外第三方校准能力缺失的问题。服务国内头部企业，本年度提供机时280小时。(图4)

在解决关键核心元件方面，研制出最外环宽度30纳米的波带片，实现合肥光源软X射线成像实验站进口替代；突破高刻线密度、极小闪耀角(0.8°)的高精度全息光栅制作工艺瓶颈，成为世界上少数掌握上述关键技术的单位。(图5)

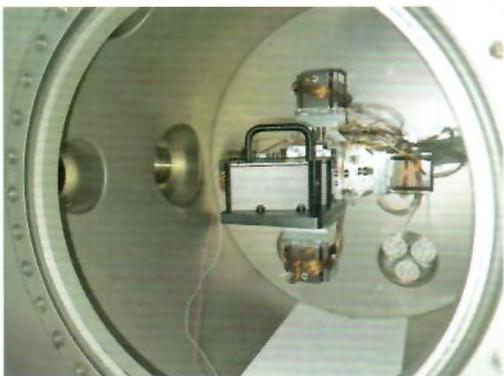


图4 真空紫外光度计

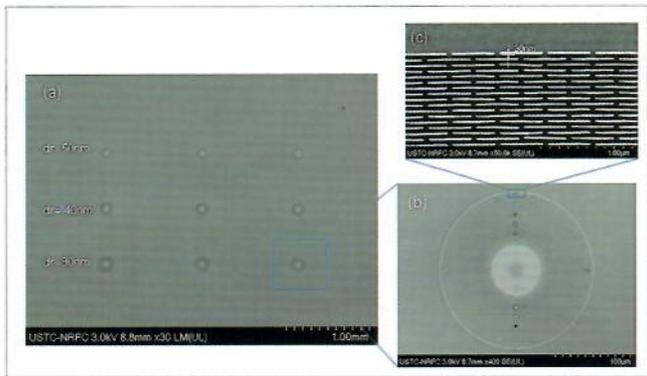


图5 研制出最外环宽度30 nm的波带片，其中图a是整个波带片的电镜照片，在一个氮化硅窗口上加工了最外环分别为50 nm、40 nm和30 nm的波带片。图b是最外环宽度为30 nm的波带片的整体放大图。图c是其最外环结构形貌的电镜照片，可以看到最外环宽度达到了30 nm。



图6 封东来院士荣获第三届“全国创新争先奖章”

## 论文及获奖情况

“高功率密度锂电池电极材料的界面工程”“无机功能材料的表界面合成化学研究”等2项成果入选2022年度安徽省自然科学一等奖(中国科学技术大学、季恒星教授团队、吴长征教授团队);中国科学技术大学国家同步辐射实验室封东来院士荣获第三届“全国创新争先奖章”、2022年度何梁何利基金科学与技术进步奖。(图6)

## 数据统计

SCI/EI 收录论文数	用户论文数	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
468	480	3	28	2	3

## 设施建设、运行与改造

发挥合肥光源低能量区优势,凝练量子材料、轻质材料、极紫外光刻、能源催化四个重点研究方向,组建建制化科研工程团队,承担新基石、国家重大科技任务攻关、国家重点研发计划、中国科学院建制化科学研究、先导专项等国家重要任务15项。



用户在合肥光源开展实验研究

## 运行数据统计

设施名称	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	用户实验涉及领域及比例
合肥同步辐射装置	7228.95	21.12	5611.67	1074.54	42598	503	18.62	10	10	571	物理学 9.38%, 化学 30.92%, 生物学、医学 4.12%, 能源、环境科学技术 17.18%, 材料科学与工程 28.72%, 其他 9.68%

## 用户课题数

设施名称	用户课题总数	其中						
		院内机构	院外研究所	大学	企业	国内其他	国外研究机构	国外企业
合肥同步辐射装置	571	291	6	255	4	4	11	

## 科技队伍与人才培养

通过施行《国家同步辐射实验室队伍建设总体实施方案》《国家同步辐射实验室人才助推计划》《合肥光源线站负责人轮值计划》等人才培养计划，进一步探索适应大科学装置建设及发展需求的队伍结构和评价激励机制，多渠道、多模式引进关键岗位人才，助推青年人才成长，优化队伍结构。目前合肥光源运维人员182人，其中高级职称占53.3%，承担运行维护系统负责人岗位的青年人才（40岁以下）占比34.6%。

2023年引进和招聘各类人员共计48人，其中高级职称18人。2023年度入选国家优秀青年科学基金1人、中国科学院技术支撑人才项目1人、安徽省青年拔尖人才青年学者1人、中国科学技术大学学术领军人才B档1人、中国科学技术大学墨子杰出青年特资津贴3人、“2023年高被引科学家名单”（科睿唯安科学信息研究所发布）入选5人次。

设施人员 总数	按岗位分			按职称分			学生			在站博 士后
	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	
218	182	23	13	129	64	25	43	16	528	28

## 合作与交流

### 国内外合作

与浙江金华市及浙江光电子研究院积极合作，面向软物质体系研究并聚焦工业应用，联合在合肥光源建设金华软X射线共振散射线站，开展浙江产业光源的布局。

2023年获批2项国际访问教授项目、2项国际学生项目，引进2位ANSO大科学装置访学计划专家；获批国家留学基金委青年骨干教师出国研修项目1人；教职工因公出访共计68人次，参加国际会议或开展学术交流；邀请国际专家来访32人次。

### 承办的主要学术活动

2023年合肥光源用户学术年会邀请了来自全国118家单位的380名代表现场参会，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。



2023年合肥光源用户学术年会

“启明论坛”“追光论坛”系列报告会等学术交流活动共邀请了高校、科研院所的46位高水平专家做学术报告及交流研讨。

## 科普活动

举办第八届“中国航天日”系列活动—中国科大2023年科技活动周，在向社会公众献上科普盛宴的同时，大力弘扬科学精神、科学家精神、志愿精神，激发科学梦想，营造创新氛围，为实现高水平科技自立自强汇聚众志。



第八届“中国航天日”系列活动—中国科大2023年科技活动周

举办第十三届光子科学夏令营，近80名来自全国30多所高校的优秀学生参加了活动。

## 大事记

- > 1月19日 金华线站启动建设。
- > 4月22日 第八届“中国航天日”系列活动—中国科大2023年科技活动周。
- > 5月 入选全国及安徽省“科学家精神教育基地”。
- > 8月2—4日 合肥光源2023年用户学术年会在贵州省贵阳市召开。
- > 9月6日 质谱光束线维修改造项目通过验收。
- > 12月5日 省委书记韩俊调研考察国家同步辐射实验室。



省委书记韩俊调研考察国家同步辐射实验室