



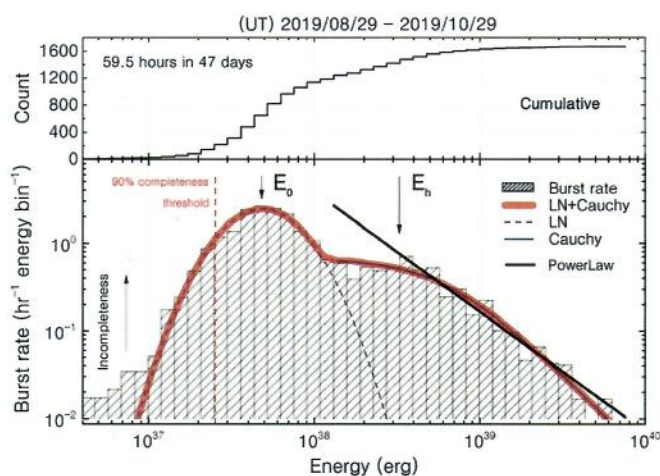
2022中国科学院 重大科技基础设施 年度报告



中国科学院条件保障与财务局

500米口径球面射电望远镜--获得迄今最大快速射电暴爆发事件样本,首次揭示快速射电暴的完整能谱及其双峰结构

快速射电暴 (FRB) 是宇宙中最明亮射电爆发现象,起源未知,是天文学最新热点。国家天文台科研团队利用 FAST 望远镜对快速射电暴 FRB121102 进行观测,成功捕捉其极端活动期,累计获取共 1652 个高信噪比的爆发信号,成为目前最大的快速射电暴爆发事件集合,超过本领域此前所有文章发表的爆发事件的总和,成为系统研究快速射电暴重复爆发的里程碑。分析首次揭示了快速射电暴爆发率的完整能谱,发现了双峰结构,是揭示快速射电暴基础物理机制的重大进展。相关成果在 Nature 上发表。

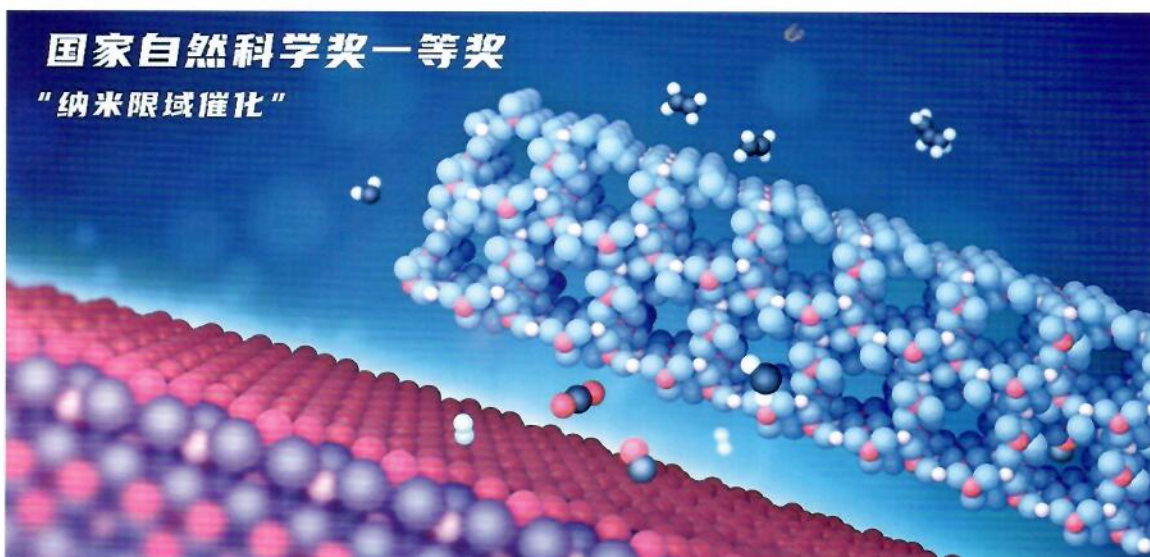


快速射电暴 FRB 121102 平均每小时爆发率的能量分布图

上海光源、合肥光源用户成果--纳米限域催化研究获国家自然科学基金一等奖

2021年11月3日,2020年度国家科学技术奖励大会在北京人民大会堂隆重举行,上海光源和合肥光源用户包信和院士研究团队的“纳米限域催化”项目荣获2020年度国家自然科学基金一等奖。

包信和院士研究团队利用上海光源同步辐射X射线吸收(XAFS)原位分析技术优势,开展了一系列纳米催化剂在反应条件下的结构演变规律的研究,包括FeO-on-Pt、NiO-on-Pt、CoO-on-Pt、FeO-on-Cu-Pt等催化体系;利用合肥光源同步辐射原位催化质谱实验平台,开展了费托合成等研究,团队在研究合成气制低碳烯烃时,探测到乙烯酮活泼中间体,揭示了全新的催化反应新机理,为催化剂优化提供了理论基础。相关成果在 Science 上发表。



合肥同步辐射装置

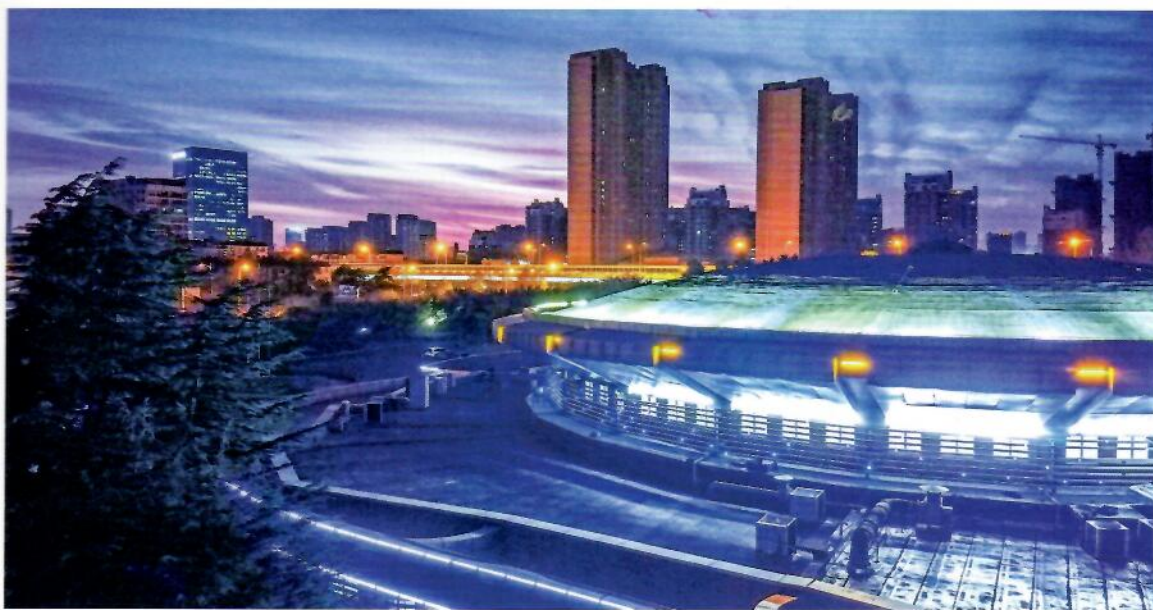
设施通讯录

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（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的建设自2012年5月开工，2014年



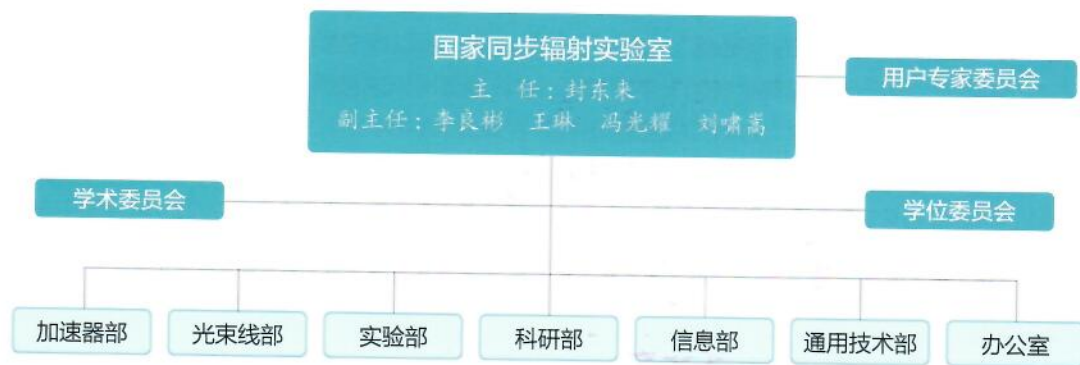
合肥光源外观图

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,达到三代光源运行水平。

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,NSRL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、稳定的技术支持。

设施负责人及组织框架



国家同步辐射实验室组织结构框图

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,NSRL最终目标是建成具有世界一流水平的红外-真空紫外-软X射线波段的光源,成为国家交叉科学研究中心和人才培养基地,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。

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

研究进展与成果

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、纳米材料、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,2021年用户发表论文429篇,其中1区310篇。发表在Science、Nature Energy、Nature Nanotechnology、Nature Catalysis、Chem、Physical Review Letters、Advanced Materials、Journal of the American Chemical Society、Energy & Environmental Science等国际著名期刊上。获得国家自然科学一等奖1项,以及其它省部级以上奖励2项,获得发明专利授权23项,实用新型授权12项,软件著作权2项。

SCI 收录 论文数	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
410	406	429	3	23	12	2

金属间化合物燃料电池催化剂的普适性合成及构效关系研究

中国科学技术大学梁海伟教授课题组等发展了一种高温硫锚定合成方法学, 实现了小尺寸金属间化合物燃料电池催化剂的普适性合成, 成功构建出由 46 种 Pt 基二元和多元金属间化合物 (IMCs) 催化剂组成的材料库。依托合肥光源催化与表面科学实验站 (BL11U) 高分辨的同步辐射光子能谱及近边吸收谱分别获得 S 2p 和 S L-edge 谱, 成功证实 Pt 和碳载体中掺杂的硫原子之间存在强键合作用, 该作用极大程度上抑制了合金颗粒在高温下的烧结, 从而能够在高温下形成平均尺寸小于 5 纳米的 IMCs 催化剂。并基于该材料库发现了 IMCs 电催化氧化还原活性与其二维晶面应力之间的强关联性 [Science 374:459-464(2021)]。(图 1)

高效电解水制氢新型原子阵列催化剂的构建及机理研究

中国科学院上海高等研究院姜政研究员、东

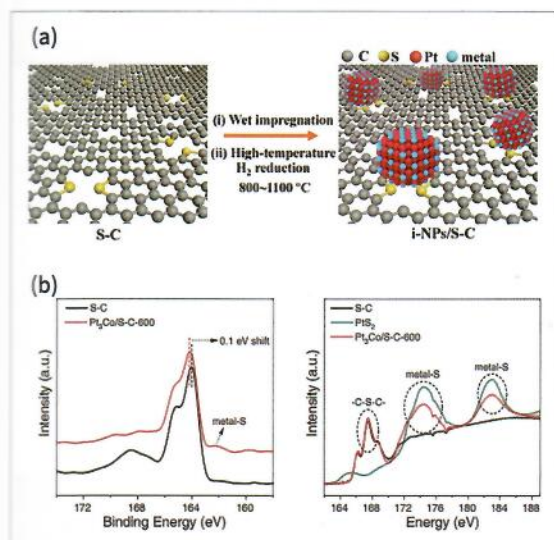


图 1 (a) 高温硫锚定合成法, (b) 高分辨 S 2p 同步辐射光子能谱和 S L-edge 同步辐射软线吸收谱。

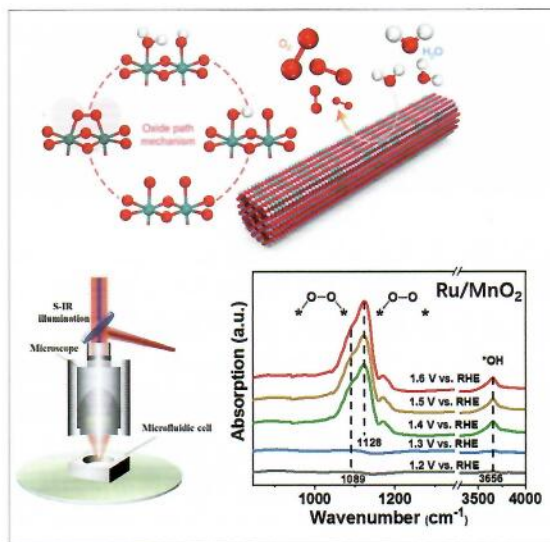


图 2 水分解反应机理示意图, 同步辐射原位红外谱测试设备示意图及原位谱图。

华大学李小鹏研究员、复旦大学刘智攀教授及韩国汉阳大学 Jung-Ho Lee 教授研究团队通过一步阳离子交换实现了金属钌原子对晶态氧化锰载体中锰离子的取代, 大幅度降低了氧气生成的反应能垒, 并克服了钌的溶出问题, 使得该催化剂获得了独有的自修复能力, 实现稳定高效电解水制氢。利用合肥光源红外谱学和显微成像实验站 (BL01B) 的同步辐射原位电化学红外谱学技术发现水分子在 Ru 原子阵列上解离后, 两个邻位 Ru 原子上所吸附的氧自由基可直接耦合快速生成氧气, 从而避免了由晶格氧参与水分解反应所导致的催化剂腐蚀, 为深入理解该新型原子阵列催化剂的机制提供了直接的实验证据 [Nature Catalysis 4(12):1012-1023(2021)]。(图 2)

单层氢氧化镍钴的制备及其电催化产氧机理研究

北京航空航天大学郭林教授和刘利民教授通过原位电化学转化在电极上直接合成出了单层氢

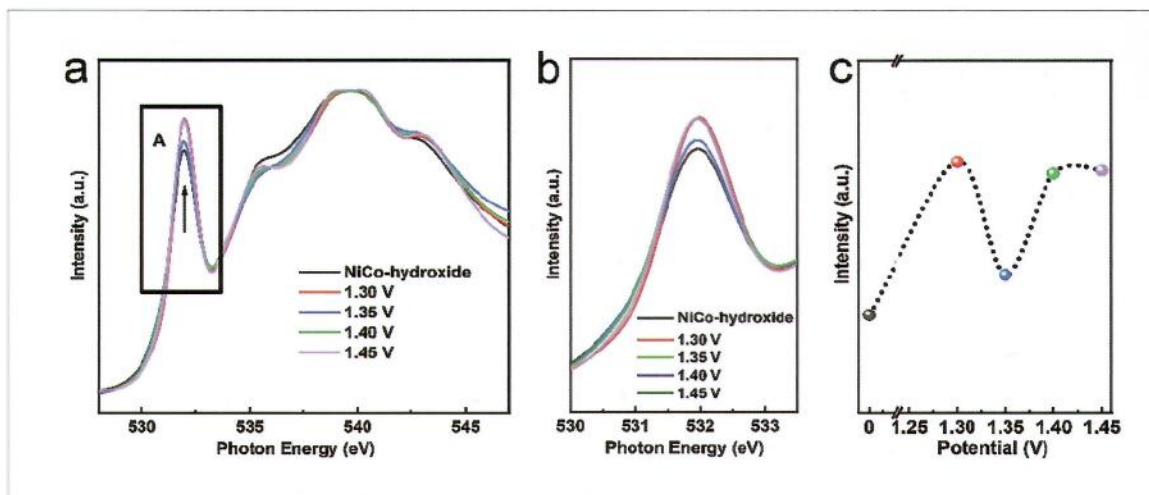


图3 不同电压下的NiCo氢氧化物的O K-edge吸收谱图

氧化物,并依托合肥光源软X射线磁性圆二色实验站(BL12B-a)对其催化析氧反应活性进行了深入研究。借助准原位软X射线吸收谱,从氧边揭示了NiCo氢氧化物中Ni和Co的价态随外加电压的震荡变化和氢氧化物的脱氧过程,从而验证了析氧反应过程中活性位点的动态形成机理。该工作建立了在电极表面直接获得单分子层氢氧化物的新途径,所提出的催化机制对氢氧化物材料电催化机理的理解和新型催化剂的设计给出了有益借鉴[Nature Catalysis 4(12):1050-1058(2021)]。(图3)

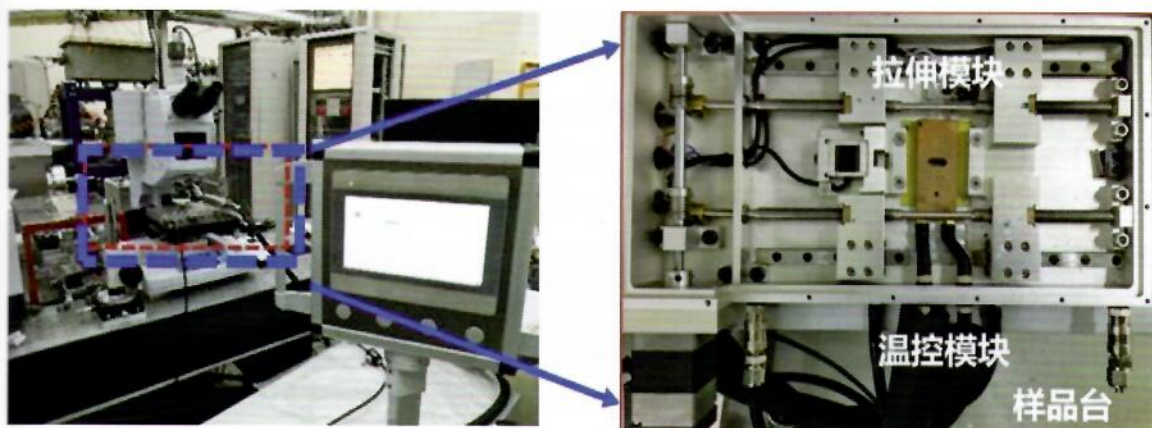
设施建设、运行与改造

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	用户实验涉及领域及比例
合肥同步辐射装置	7236.84	22.51	5647.37	1041.25	47081.11	502.87	22.84	10	10	532	物理学 17.40%; 化学 30.42%; 生物学、医学 3.63%; 能源、环境科学技术 15.93%; 材料科学与工程 26.05%; 其它 6.56%

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
合肥同步辐射实验装置	532	272	246	14	455	66	11



原位拉伸变温同步辐射红外显微谱学技术

2021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

合肥光源恒流运行束流强度从360 mA提高到400 mA。计划运行时间7229小时，供光时间5115小时，实际运行7236.84小时，供光5647.37小时，圆满完成了年度运行计划。光源运行有效机时率(Availability)达到99.55%，平均两次故障间隔时间(Mean Time Between Failures)为152.95小时，平均故障修复时间(Mean Time To Repair)降低到0.71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进行维修改造，光束线采用“变包含角模式”的设计，升级了变线距光栅、运动机构、狭缝和聚焦系统；实验站升级了广接收角和高分辨的EW4000高性能能量分析器、双阳极单色化光枪，实现变探测深度下的离线能谱测试。

技术与方法的创新

· 原位拉伸变温同步辐射红外显微谱学技术
合肥光源红外谱学和显微成像线站成功研制了与同步辐射红外显微技术联用的拉伸和变温

装置，并发展了相应的方法学，实现了应力施加下 -170°C 至 300°C 变温、空间分辨10微米的红外显微谱学测量。用户利用该技术已成功应用于动物丝结构-力学关系研究。

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。

10条光束线及实验站正常稳定向国内外用户开放，虽遭遇疫情影响，但实验室努力克服困难、创新服务，帮助用户远程完成实验。



合肥光源储存环大厅同步开放科学实验与科普活动

科技队伍与人才培养

面向长远发展目标, NSRL 积极联系和引进优秀人才, 针对性补强关键岗位, 2021 年度入选中国科学院人才计划 1 人、安徽省人才计划 3 人。同时, 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、中国科学院关键技术人才 1 人。

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		
205	134	65	6	98	77	30	36	18	357	36	1

*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

与天目湖先进储能技术研究院有限公司, 针对我国新能源先进储能与动力电池及关键材料等产业领域对多尺度、多维度先进表征技术的需求, 开展战略合作; 与航天科工三院三〇三所达成战略合作, 合作共建“真空紫外计量研究基地”。

获批 2 项国际访问教授和英文授课计划项目, 引进 1 位中国科学院 PIFI “国际访问学者”和 5 位 ANSO 大科学装置访学计划专家。5 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, 受邀做大会报告。

承办的主要学术活动

“2021 年合肥光源用户学术年会”邀请了来自全国 64 家单位的 302 名代表参会, 交流了功能材料、能源与催化、生命与环境等领域的科研成果。



2021 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10位高水平专家做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美国、德国、瑞士、西班牙和韩国等国家的知名专家学者，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6场精彩报告。

科普活动

科技活动周采用网络直播的模式，实现了“云开放”。

举办了第十一届光子科学夏令营，共82名来自全国39所全国各高校的学生参加。

大事记

- ▶ 1月12日 “合肥先进光源预研”项目顺利通过工艺验收。
- ▶ 3月20日 安徽省省长王清宪一行调研国家同步辐射实验室。
- ▶ 5月22日-23日 举行“2021年科技活动周”活动。
- ▶ 6月19日 入选“全国爱国主义教育示范基地”。
- ▶ 7月19日-23日 举办“第十一届光子科学优秀大学生夏令营”。
- ▶ 7月27日-29日 “2021年合肥光源用户学术年会”在广西南宁召开。
- ▶ 8月9日 我国第一个红外自由电子激光用户型光源顺利通过专家测试。
- ▶ 10月21日-27日 参加国家“十三五”科技创新成就展。
- ▶ 12月3日 安徽省委书记郑栅洁一行调研国家同步辐射实验室。



安徽省省长王清宪一行调研国家同步辐射实验室