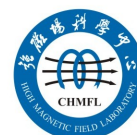




中国科学院
合肥物质科学研究院

强磁场科学中心
High Magnetic Field Laboratory



强磁场实验装置2024年度报告

(稳态 · 合肥)



中国科学院强磁场科学中心
2025年2月

目 录

一、综述及基本情况	1
1、设施概述	1
2、设施组织框架	2
二、研究进展与成果	2
1、成果	2
2、论文及获奖情况	5
三、设施运行情况	6
四、科技队伍与人才培养.....	7
五、合作与交流	7
六、大事记	10

一、综述及基本情况

1、设施概述

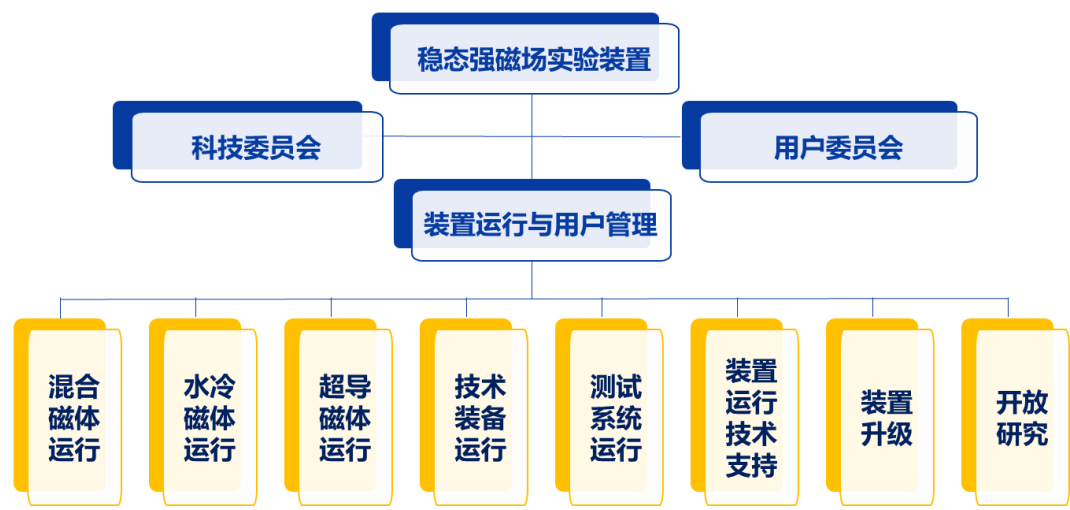
稳态强磁场实验装置（SHMFF）是“十一五”国家重大科技基础设施建设项目，法人单位是中国科学院合肥物质科学研究院，共建单位是中国科学技术大学，各项任务依托中国科学院强磁场科学中心完成。SHMFF 于 2008 年 5 月 19 日获批开工，2010 年 10 月 28 日转入“边建设、边运行”模式，2017 年 9 月 27 日通过国家验收。

SHMFF 拥有一台 45T 级混合磁体、五台水冷磁体、四台超导磁体，配套的一系列科学实验测试系统（输运、磁性、磁光、极低温、超高压、组合显微、磁共振等），和支撑磁体/实验测试系统运行的技术装备系统；磁体技术和综合性能国际领先。

SHMFF 致力于发展强磁场科学技术、不断提升装置实验能力；开展强磁场下多学科前沿研究，包括磁体技术、新型量子功能材料、高温超导磁体及实用化超导材料、生物学研究等；推动强磁场相关技术及科研成果的转化和应用。多年来，SHMFF 稳定运行，获得包括“首次发现基于外尔轨道的三维量子霍尔效应”在内的多项重要成果，是支撑合肥综合性国家科学中心信息、能源、健康和环境四大领域前沿探索的重要平台。



2、设施组织框架



二、研究进展与成果

1、成果

2024 年，SHMFF 在量子调控、超导机制探索、高温超导材料应用、低功耗量子/金属/超磁致伸缩/催化材料研发以及生物医药研究等前沿领域取得了多项重要成果。代表性成果如下：

(1) 高迁移率二维半导体中观测到分数量子霍尔效应(Nature Electronics)

高迁移率二维本征半导体的分数量子霍尔态在电输运上难以实现，主要瓶颈在于获得较低载流子浓度欧姆接触极具挑战。山西大学韩拯团队制备出二硫化钼的 n 型半导体场效应晶体管，利用 SHMFF 水冷磁体下低噪声极低温输运实验测试系统观测到填充系数 $\nu=1$ 的量子极限和 $2/5$ 、 $4/5$ 填充的分数量子化横向电导平台。该研究为基于二维半导体的低温高迁移率电子晶体管等纳米电子学器件提供可能方案。(图 1)

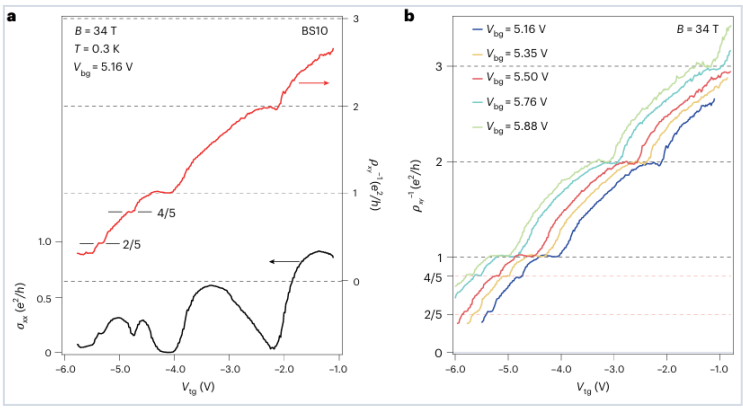


图 1. 双层 MoS₂ 最低朗道能级的分数量子霍尔效应

(2) 助力本征铁磁极化金属研发(Nature Materials)

单一体系中同时实现铁磁、电极化、金属且相互耦合十分困难。清华大学于浦团队基于原子精度操控创制出 $\text{Ca}_3\text{Co}_3\text{O}_8$ 薄膜，SHMFF 超快非线性光学系统测量证实电极化序的存在，且与铁磁性、金属性强耦合关联；SHMFF 高场输运测量发现 0-30T 磁场下存在异常稳定的拓扑霍尔效应。该研究为新型自旋电子器件探索提供了良好的材料载体。(图 2)

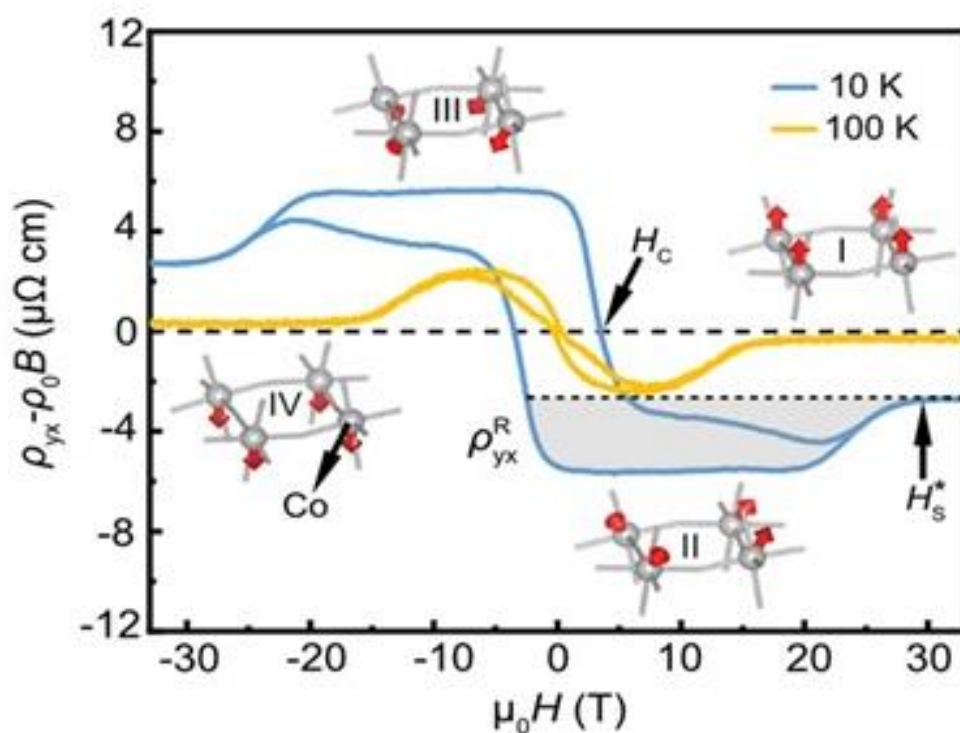


图 2. 稳态强磁场下异常稳定的拓扑霍尔电阻

(3) 揭示镍基超导体中的量子格里菲斯奇异性(Physical Review Letters)

镍基超导是非常规超导体的重要材料体系之一。北京师范大学聂家财团队对 $\text{Nd}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{NiO}_2$ 薄膜中磁场驱动的超导-金属相变进行标度分析，发现有效动态临界指数在接近零温临界点 B_c^* 时发散，表现出各向同性量子格里菲斯奇异性 (QGS)，利用 SHMFF 水冷磁体最高 36T 的磁场证实各向同性 QGS 归因于超导涨落和近藤散射之间的竞争。此项研究有助于揭示镍基超导体中非常规超导机制。该成果被选为 Editors' Suggestion。(图 3)

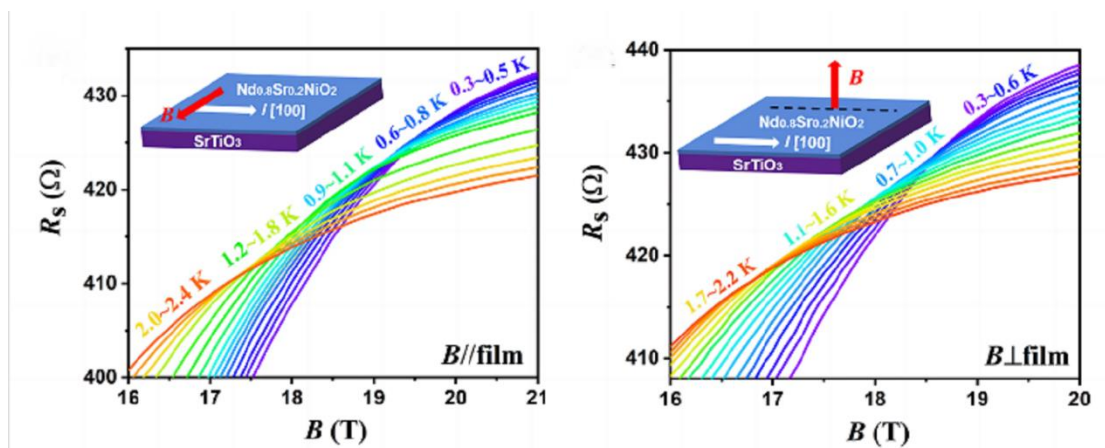


图 3. 面内和垂直磁场下极低温区的等温 $R_s(B)$ 曲线，插图是磁场和电流方向的实验配置

(4) 揭示了光酶立体选择性催化机制(Nature)

我国在生物制造的“芯片”——酶方面自主率较低，成为限制合成生物学发展的“卡脖子”问题。南京大学黄小强联合强磁场科学中心田长麟开发了基于焦磷酸硫胺素（ThDP）依赖酶和光催化协同的双催化新体系，通过 SHMFF 低温电子自旋共振（ESR）和 ESR 自旋捕获方法分别表征了催化循环中的 ketyl 和 benzylic 自由基，为揭示新酶反应性中的立体选择性和电子传递关键机制提供了直接证据。该研究极大地扩展了酶催化功能，有望引领光生物制造及合成生物学新方向。(图 4)

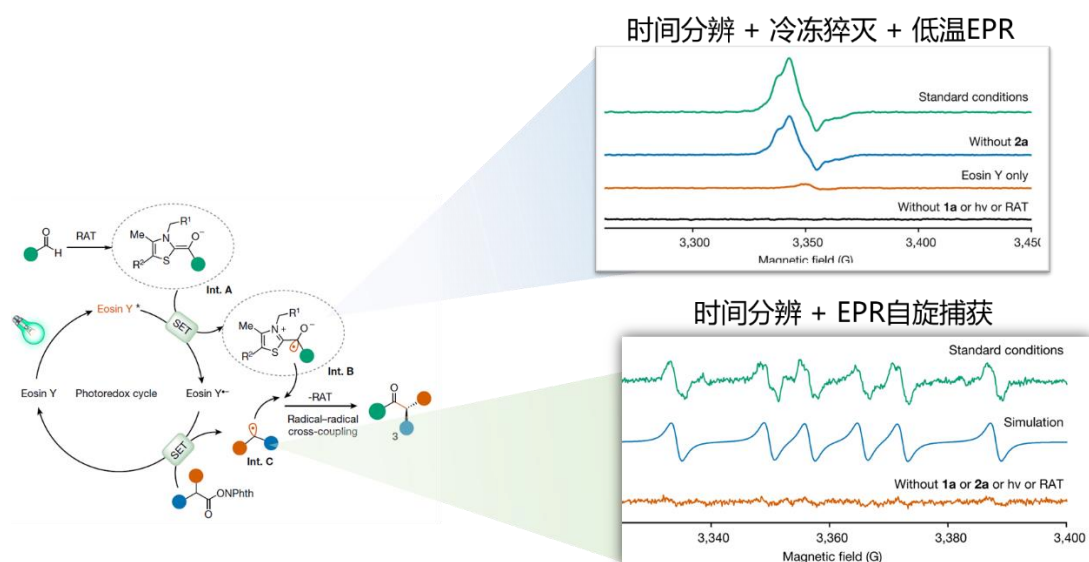


图 4. 机理推测与基于 ESR 方法的机理探究

(5) 揭示分子伴侣蛋白 Hsp90 的功能机制(Nature Structural & Molecular Biology, Nature Communications)

Hsp90 被称为细胞内的“信号枢纽”，是抗癌研究的重要分子靶点，相关复合

体结构信息匮乏。中国科大黄成栋团队利用 SHMFF 超导磁体 SM3 及配套 NMR(20 T/850 MHz)首次解析出 Hsp90 与固有无序蛋白底物复合体结构,提出了分子伴侣 Hsp90 的动态分子工作机制,进一步加深了对其动态分子机制的理解,为以该分子伴侣的抗癌药靶分子设计提供了新思路。(图 5)

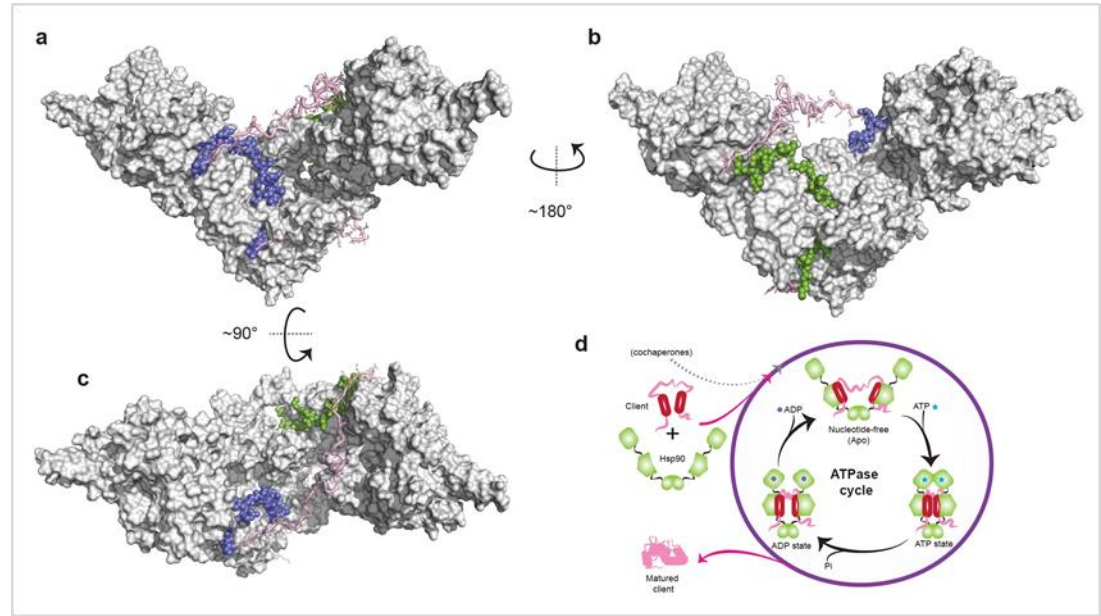


图 5. Hsp90 与固有无序蛋白的复合体结构及其动态相互作用机制

2、论文及获奖情况

“T 细胞免疫的触发机制”项目入选 2023 年度国家自然科学奖二等奖（中国科学院分子细胞科学卓越创新中心许琛琦研究员团队）。



国家自然科学奖
证书

为表彰国家自然科学奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：T 细胞免疫的触发机制
奖励等级：二等
获奖者：许琛琦（中国科学院分子细胞科学卓越创新中心）

证书号：2023-Z-105-2-04-R01

项目名称：T 细胞免疫的触发机制

提名者：中国科协

代表性论文目录：

1. Shi X^a, Bi Y^a, Yang W^a, Guo X, Jiang Y, Wan C, Li L, Bai Y, Guo J, Wang Y, Chen X, Wu B, Sun H, Liu W, Wang J^a, Xu C^a, *Cu²⁺ regulates T-cell receptor activation by modulating the charge property of lipids*, *Nature*, 493(7430)(2013), 111-115.
2. Guo X^a, Yan C^a, Li H^a, Huang W^a, Shi X, Huang M, Wang Y, Pan W, Cai M, Li L, Wu W, Bai Y, Zhang C, Liu Z, Wang X, Zhang X, Tang C, Wang H, Liu W, Ouyang B, Wong C, Cao Y^a, Xu C^a, *Lipid-dependent conformational dynamics underlie the functional versatility of T-cell receptor*, *Cell Research*, 27(4)(2017), 505-525.
3. Yang W^a, Bai Y^a, Xiong Y, Zhang J, Chen S, Zheng X, Meng X, Li L, Wang J, Xu C, Yan C, Wang L, Chang C, Chang T, Zhang T, Zhou P, Song B, Liu W, Sun S, Liu X, Li B^a, Xu C^a, *Potentiating the antitumour response of CD8(+) T cells by modulating cholesterol metabolism*, *Nature*, 531(7596)(2016), 651-655.
4. Wu W^a, Zhou Q^a, Masubuchi T^a, Shi X^a, Li H, Xu X, Huang M, Meng L, He X, Zhu H, Gao S, Zhang N, Jing R, Sun J, Wang H, Hui E^a, Wong C^a, Xu C^a, *Multiple signaling roles of CD3ε and its application in CAR-T cell therapy*, *Cell*, 182(4)(2020), 855-871.
5. Meng X^a, Liu X^a, Guo X, Jiang S, Chen T, Hu Z, Liu H, Bai Y, Xue M, Hu R, Sun SC, Liu X, Zhou P, Huang X, Wei L, Yang W, Xu C^a, *FBXO38 mediates PD-1 ubiquitination and regulates anti-tumour immunity of T cells*, *Nature*, 564(7734)(2018), 130-135.

主要完成人（完成单位）：

许琛琦 中国科学院分子细胞科学卓越创新中心
杨巍 中国科学院分子细胞科学卓越创新中心
施小山 中国科学院分子细胞科学卓越创新中心
吴微 中国科学院分子细胞科学卓越创新中心
李伯良 中国科学院分子细胞科学卓越创新中心

图. 依托超导磁体 SM3 及配套 NMR 产出的成果以第一篇代表性论文助力该项目获奖

强磁场科学中心张警蕾研究员获第七届马丁·伍德爵士中国物理科学奖。

“大型氦制冷系统高可靠运行关键技术研发及应用”项目入选 2023 年度安徽省科技进步三等奖（强磁场科学中心李俊杰研究员团队、安徽万瑞冷电科技有限公司苏玉磊高级工程师团队）。

表：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
265	272	3	22	18	1

三、设施运行情况

以解决重大前沿科学问题和支撑国家重大需求为导向，加快抢占科技制高点为任务目标，SHMFF 聚焦三个主要研究方向，承担了国家重点研发计划、抢占科技制高点、建制化科研平台等 40 余项重大任务，并侧重主动策划了强磁场下新型低维电子材料的物性与调控研究、高场高温超导材料性能测试技术、下一代混合磁体关键技术等研究任务。为支撑以上研究任务，SHMFF 通过精准制定实验方案、优化机时分配，提升运行效率，运行总机时为 53472 小时，完成了运行计划。

表：运行数据统计

设施名称	运行总机时	机器研究机时	用户实验机时	停机检修机时	故障机时	实验站（终端）数	用户完成实验课题数	用户实验涉及领域及比例
稳态强磁场实验装置	53472	2089	51383	540	71	16	293	物理：55%； 化学：5%； 材料：22%； 工程技术：3%； 生物医药：11% 其他：4%

表：纳入考核的磁体及实验系统

	HW/WM	SM3 及配套 NMR	SM4 及配套 MRI
计划运行机时	2070	8208	2500
实际运行机时	2086	8209	2566
完成率	101%	100%	103%

表：未纳入考核的磁体及实验系统

	SM1 及 超快光学	SM2	PPMS	低温 输运	MPMS	ESR	拉曼	红外	XRD	极低温	超高压	SMA	25T 核磁共振
计划运行机时	2930	6552	6600	880	7440	1200	900	790	1120	2100	1070	6144	1000
实际运行机时	3020	7056	6768	896	7776	1334	917	800	1156	2380	1077	6432	1000
完成率	103%	108%	103%	102%	105%	111%	102%	101%	103%	113%	101%	105%	100%

表：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
稳态强 磁场实 验装置	293	136	2	139	2	4	10	0

四、科技队伍与人才培养

SHMFF 注重引进、培养人才。目前拥有高级职称人员 124 人（含双聘研究员），其中院士 1 人，杰青 4 人、万人计划 3 人、火炬计划 1 人，优青 4 人、优青(海外)3 人，青千 1 人，百人计划 17 人。2024 年，新引进 22 人，其中进站博士后 13 人，获批人才项目 14 项。依托合肥物质院院长改革专项设立伯乐奖，激励人才引进工作。

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	
209	120	83	6	124	74	11	30	44	340	33

五、合作与交流

1、科技合作与交流

2024 年，SHMFF 共举办 16 次学术会议和 40 多场学术报告；出国(境)参加国际会议、合作交流等 26 人次；接待海外专家来访 10 余人次，这些活动加强了强磁场科学中心与国内外专家和学者的交流，扩大了装置的影响，吸引了潜在用户的关注，进一步促进了 SHMFF 开放共享，使其更好地发挥国家重大科技基础设施的作用。



1月20日，召开科技部重点研发计划项目及中国科学院建制化项目联合年度汇报学术研讨会



5月25日，召开 SHMFF 2024 年度用户委员会



2025年1月4日，召开 SHMFF 2024 年度科技委员会

9月22日，水冷磁体世界纪录科技成果评价会



10月24-27日，联合召开第二届全国磁生物学与磁医学大会

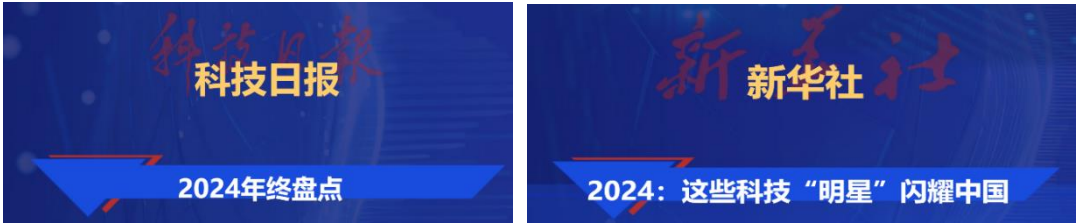
2、科学传播

2024年，SHMFF 三次登上央视《新闻联播》；“稳态强磁场刷新水冷磁体世界纪录”这一重大突破，不仅刊登在国际期刊 *Nature* 主页，还入选《科技日报》、新华社等国内顶尖媒体的2024年终盘点，更成为中国科学院院长侯建国2025年新年贺词的亮点科研成果之一。接待参观调研46000余人次；主办“科学小达人”亲子科普活动；积极参与中国科学院“公众科学日”、科普讲解大赛、科学实验

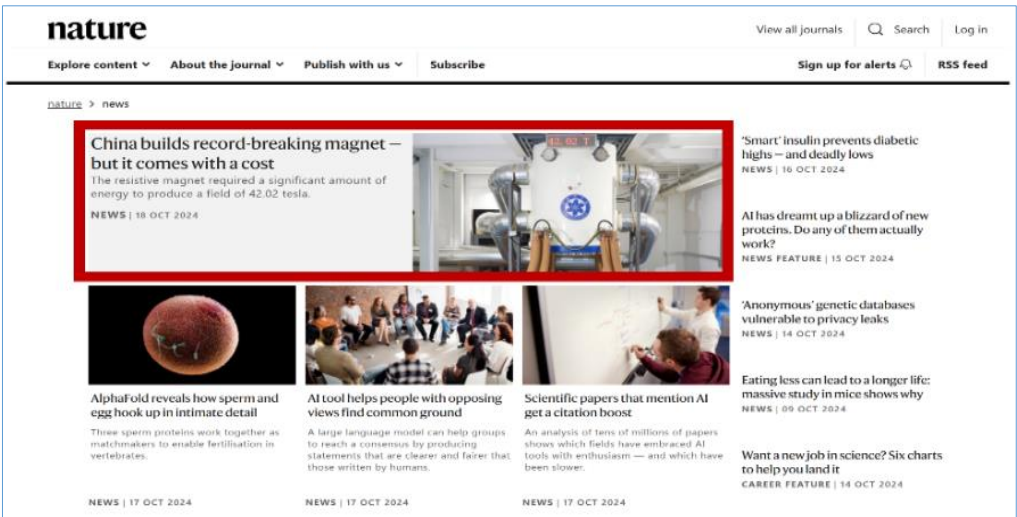
展演等科普活动。



三次登上央视《新闻联播》



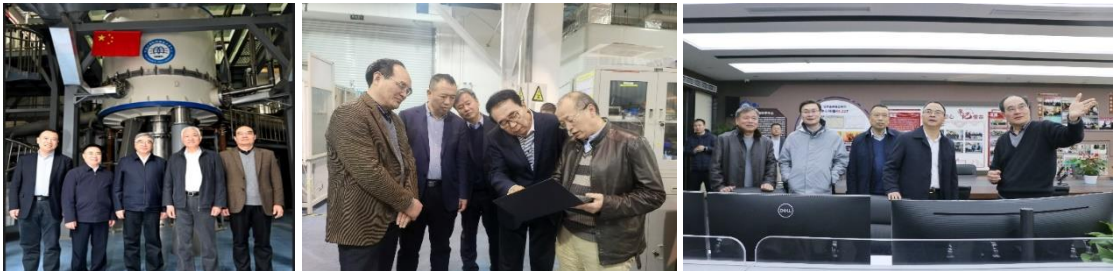
科技日报、新华社 2024 年终盘点



Nature 期刊主页报道



科普活动



第十四届全国政协副主席、民进中央常务副主席朱永新，第十九届中央委员白春礼，中国科学院副院长、党组成员何宏平等分别调研 SHMFF

六、大事记

- 1月14日 高温超导材料及其应用研讨会
- 1月20日 “高场磁共振成像 SM4-高端科学用户服务”研讨会
- 1月20日 科技部重点研发计划项目及中国科学院建制化项目联合年度汇报学术研讨会
- 1月21日 超导磁体 SM3 及配套 NMR 研讨会
- 3月14日 第十九届中央委员白春礼院士调研 SHMFF
- 3月28日 第十四届全国政协副主席、民进中央常务副主席朱永新调研 SHMFF
- 4月3日 第二十届中央委员、中央统战部副部长、国务院侨务办公室主任陈旭调研 SHMFF
- 4月19日 张警蕾研究员获第七届马丁·伍德爵士中国物理科学奖
- 5月25日 SHMFF 用户委员会会议
- 6月14日 学术委员会会议暨 2024 年夏季学术报告会
- 9月12日 重大科技基础设施维修改造项目“35T 水冷磁体联合干式磁体低温原位原子成像平台”验收会
- 9月22日 水冷磁体世界纪录科技成果评价会
- 10月24-27日 第二届全国磁生物学与磁医学大会
- 11月13日 中央政治局委员、中央书记处书记，第十四届全国政协副主席，中央统战部部长石泰峰调研 SHMFF
- 11月24-26日 中国科学院低功耗量子材料建制化平台与安徽省重点实验室学术委员会暨年度汇报学术研讨会
- 12月19日 中国科学院副院长、党组成员何宏平调研 SHMFF
- 2025年1月4日 SHMFF 科技委员会会议

