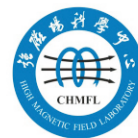




中国科学院
合肥物质科学研究院

强磁场科学中心
High Magnetic Field Laboratory



强磁场实验装置2023年度报告

(稳态 · 合肥)



中国科学院强磁场科学中心
2024年3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.....	5
四、科技队伍与人才培养.....	6
五、合作与交流.....	6
六、大事记.....	8

一、综述及基本情况

1、设施概述

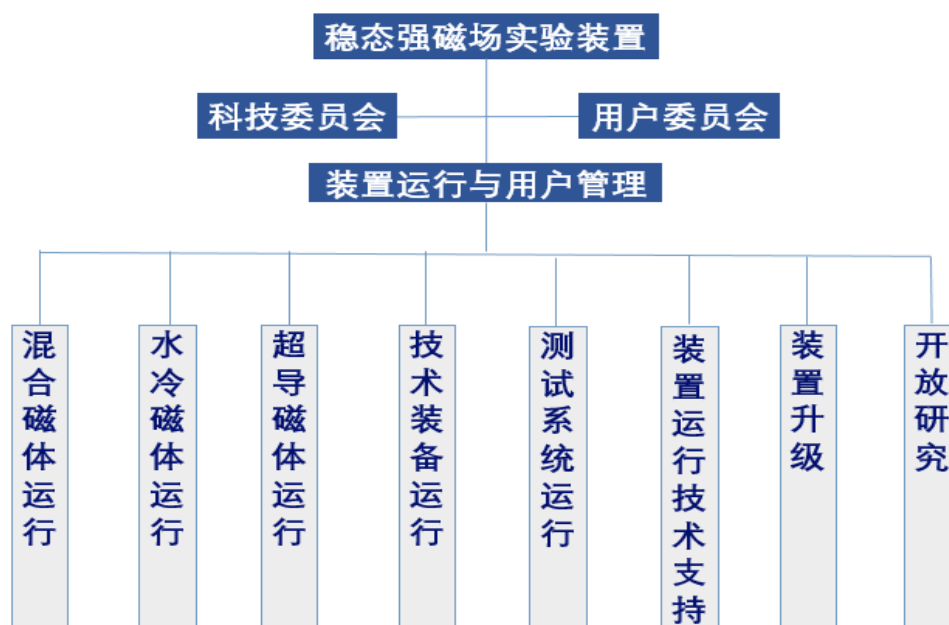
稳态强磁场实验装置（SHMFF）是“十一五”国家重大科技基础设施建设项目，法人单位是中国科学院合肥物质科学研究院，共建单位是中国科学技术大学，各项任务依托中国科学院强磁场科学中心完成。SHMFF 于 2008 年 5 月 19 日获批开工，2010 年 10 月 28 日转入“边建设、边运行”模式，2017 年 9 月 27 日通过国家验收。

SHMFF 拥有一台 45 T 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

(1) 首次发现 FeSe 超导体中的奇异金属态 (Nature Physics)

奇异金属态与超导之间的量化物理规律是揭示高温超导微观机理的重要路径。中国科学院物理所金魁研究员团队成功实现对 FeSe 体系超导电性的精细调控，进而利用大于 30 T 的强磁场压制超导以研究其正常态电阻行为，发现低温下电阻随温度呈线性依赖关系，首次实验证明 FeSe 体系存在奇异金属态，并进一步证实奇异金属态线性电阻斜率与超导温度呈抛物线关系，与铜基超导一致。Nature Physics 主编 David Abergel 评价说“这个工作报道的奇异金属态和超导之间的定量化关系是一个令人兴奋的发现，说明铁基和铜基超导很可能具有相同的机制”。

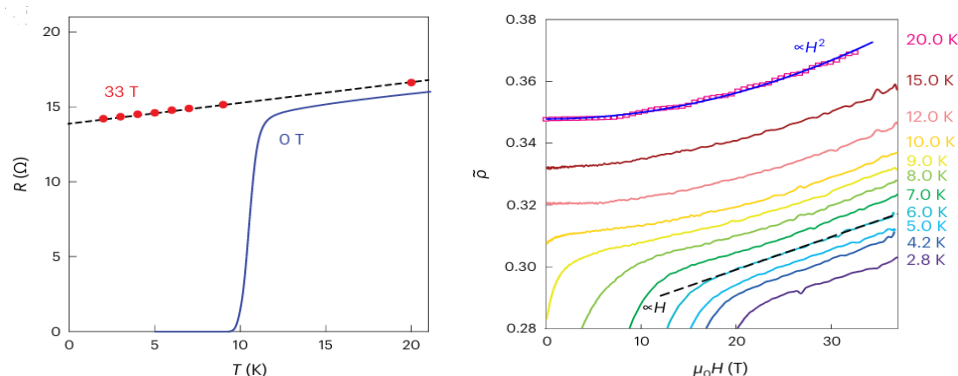


图. 左: FeSe 薄膜电阻在零场和 33 T 磁场下的电阻随温度变化曲线; 右: 不同温度下, FeSe 薄膜电阻率随磁场的依赖关系

(2) 首次揭示了二维非晶材料中的构效关系 (Nature)

探索和表征非晶结构中的无序度依然是材料科学和凝聚态非晶物理最具挑战性的科学问题。北京大学刘磊研究员联合中国科学院强磁场中心王钊胜研究员等，通过分子源精准调控，得到不同结构无序度的二维非晶碳，通过结构表征与 SHMFF 的高场变温霍尔等电学性质测量，绘制出“微观结构-宏观导电性能”相图，实现了非晶材料物理领域首个构效关系的建立。该研究在理解非晶材料的结构-性能关系上取得重大突破，为二维非晶材料应用提供了新思路。

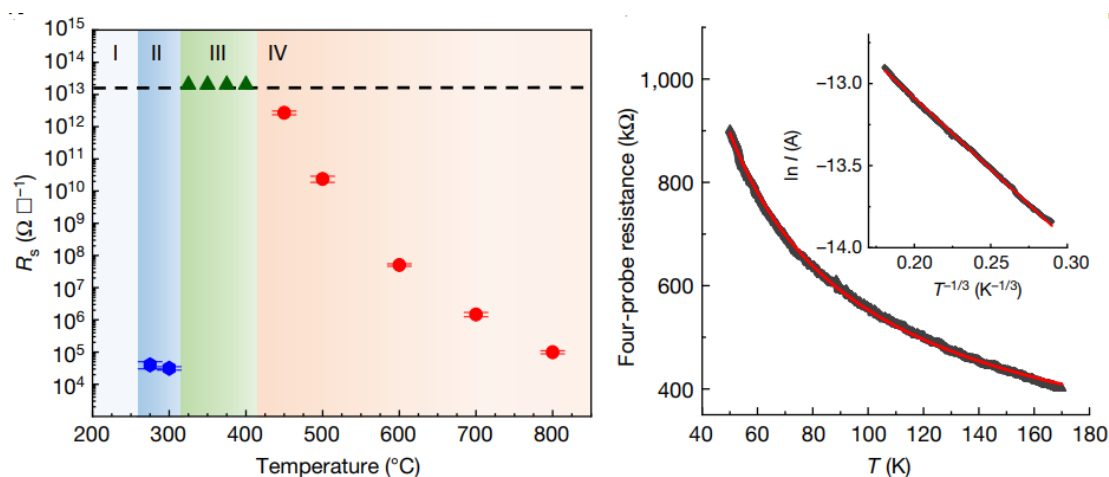


图. AMC 电学性质测量

(3) 首次揭示 DNA 新型 Hoogsteen 链置换反应实现 G-四链体自发重组装 (Journal of the American Chemical Society)

G-四链体在人类基因组中分布广泛，与生物体寿命、干细胞自我更新、癌细胞无限增殖等息息相关；长期被认为对于富 G 链置换反应呈惰性，极少有自发重新组装成三聚 G-四链体的报道。中国科学院强磁场中心张钠研究员团队借助 SHMFF 所属超导磁体 SM3 及配套 NMR 首次揭示了 G-四链体自发进行基于非经典 Hoogsteen 氢键配对的新型核酸链置换反应，成功实现 G-四链体重组装，突破了对 G-四链体的传统认知。该研究为靶向 G-四链体的新型富 G 探针设计开辟了新思路。

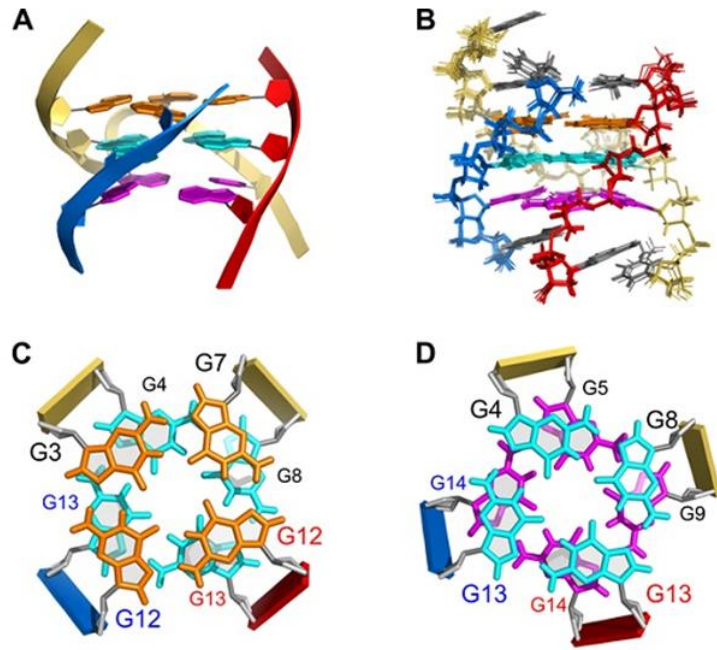


图. 异三聚 G-四链体 Tub10/2P1 的核磁共振溶液结构

(4) 研制出世界上首台特斯拉级的铁基超导线圈 (Superconductor Science and Technology)

铁基超导材料具有上临界场高、各向异性小、成本低廉等优势，在高场磁体应用领域具有显著优势。中国科学院强磁场中心陈文革研究员团队与中国科学院电工所马衍伟研究员团队联合攻关，成功研制出外径 120 mm、内径 35 mm 铁基超导高场内插线圈，在 SHMFF 水冷磁体 WM3 提供的 20 T 背景场下产生 1.03 T 中心磁场（此前报道最高 0.26 T @10 T），是世界上首台特斯拉级的铁基超导高场内插线圈。日本铁基超导材料研究领域的权威东京大学 Tsuyoshi Tamegai 教授在该期刊中发表 Viewpoint，“铁基超导体已经进入实用型高场磁体家族”。

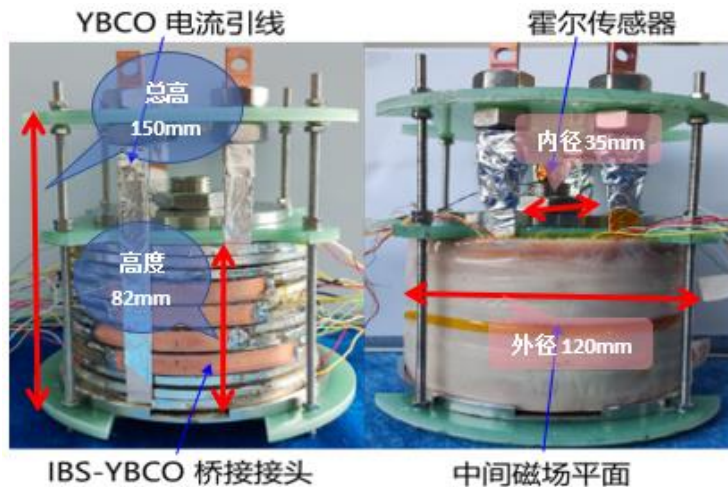


图. 铁基超导高场内插线圈

2023 年, SHMFF 还在量子调控、低功耗新型电子器件、热电/金属/催化材料以及生物医药等领域产出多项重要成果。

2、论文及获奖情况

基于在稳态强磁场实验装置建设过程中作出的重要贡献, 2023 年 8 月匡光力获 2022 年度安徽省重大科技成就奖。

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
254	267	1	27 (含国外 授权 1 项)	4	6

三、设施运行情况

2023 年, SHMFF 主动策划并承担了“高至 33 T 以上超强磁场下自旋的原子分辨成像及时间、能量分辨测量”、“生物糖脂代谢的强场磁共振检测新技术及应用”两项国家重点研发计划项目; 为“低功耗量子材料建制化科研平台”建立绿色通道优先保障机时, 定期研讨、凝练科学问题; 为先导专项“下一代高场超导磁体关键科学与技术”的高温超导材料和导体的性能测试提供实验平台、“生物大分子跨尺度结构研究前沿技术”开展酶催化动态机制研究提供 ESR 实验条件、“大型低温制冷机及提氦工程示范”提供低温测量技术支撑。

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	51888	675	51213	302	47	23	314	物理: 36%; 化学: 9%; 材料: 31%; 工程技术: 10%; 生物医药: 14%

2023 年度计划运行总机时 49206 小时, 实际运行总机时 51888 小时, 完成了运行计划。

表: 纳入考核的磁体及实验系统

	HW/WM	SM3 及 NMR	SM4 及 MRI
计划运行机时	1950	8208	2530
实际运行机时	2386	8210	2616
完成率	122%	100%	103%

表：未纳入考核的磁体及实验系统

	SM1 及超快光学	SM2	PPMS	低温运输	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	2850	6552	6600	880	7440	1200	880	800	1120	2100	1000	4096	1000
实际运行机时	3037	7104	6984	824	7632	1375	949	805	1137	2472	1021	4336	1000
完成率	107%	108%	106%	94%	103%	115%	108%	101%	102%	118%	102%	106%	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	314	154	6	144	2	5	3	0

四、科技队伍与人才培养

SHMF 注重引进、培养人才。目前拥有高级职称人员 119 人（含双聘研究员），其中院士 1 人、杰青 4 人、优青 4 人、优青（海外）3 人、百人计划 18 人、青年千人 1 人、万人计划 3 人。2023 年新增杰青 1 人、“火炬计划” 1 人、优青（海外）2 人、百人计划 2 人、技术支撑人才 1 人。

设施人员总数	按岗位分			按职称分			学生			在站博士后
	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	120	77	6	119	73	11	35	44	365	31

五、合作与交流

1、科技合作与交流

2023 年，SHMFF 开展国内合作交流活动平稳，国际合作交流活动呈上升趋势。共举办 7 次学术会议和 50 多场学术报告；接待海外专家来访 20 余人次，这些活动不仅加强了强磁场中心与国内外专家和学者的交流，还扩大了装置的影响，吸引了潜在用户的关注，进一步促进了 SHMFF 的开放共享，使其更好地发挥国家重大科技基础设施的作用。

5月11日至12日，举行“凝聚态核磁共振与电子磁共振”专题用户交流会



5月27日，召开 SHMFF 用户委员会会议



11月18日，召开 SHMFF 科技委员会会议



10月30日，召开 2023 磁生物学研讨会



11月25日，举办 2023 材料磁光国际研讨会



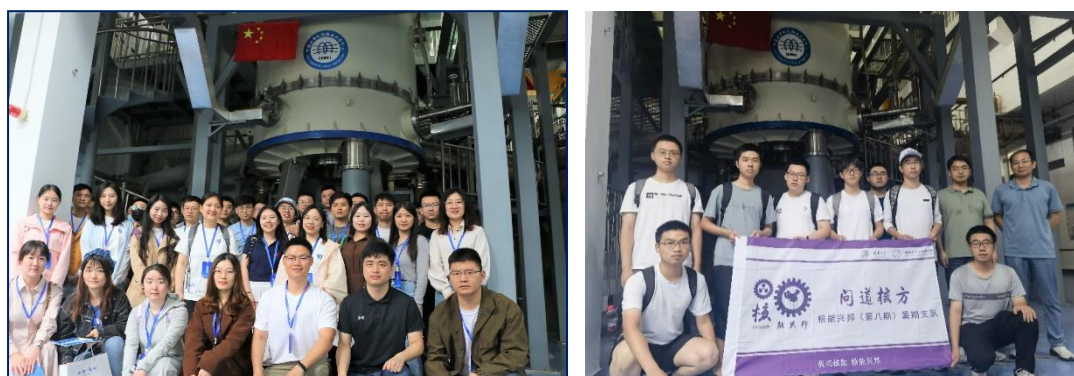
2、科学传播

SHMFF 注重弘扬科学文化、传播科学精神，积极开展设施宣传、公众科普、青少年科学素质培养等活动，成效显著。

2023 年，SHMFF 三次登上央视《新闻联播》，接待参观调研 235 次，共计 5800 余人；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，在《现代物理知识》期刊发表科普文章 4 篇。



三次登上央视《新闻联播》



大学生科普活动



中央政治局委员/上海市委书记陈吉宁，中央纪委国家监委驻科技部纪检监察组组长/科技部党组成员高波，辽宁省委书记郝鹏、辽宁省省长李乐成调研 SHMFF

六、大事记

- 2月8日 中央纪委委员/中央纪委国家监委驻科学技术部纪检监察组组长科学技术部党组成员高波调研 SHMFF
- 4月25日 人社部副部长王少峰调研 SHMFF
- 5月11-12日 SHMFF 凝聚态核磁共振与电子磁共振专题用户交流会
- 5月27日 SHMFF 用户委员会会议
- 6月17日 中央政治局委员/中央书记处书记/中央组织部部长李干杰调研 SHMFF
- 8月27日 匡光力获 2022 年度安徽省重大科技成就奖
- 9月5-6日 SHMFF 基本运行经费实地审核

- 10月30日 2023 磁生物学研讨会
- 11月18日 SHMFF 科技委员会会议
- 11月22日 高场磁共振成像安徽省重点实验室学术交流会
- 11月25日 2023 材料磁光国际研讨会
- 12月19日 中央统战部副部长、全国工商联党组书记徐乐江调研 SHMFF

