

中国科学院强磁场科学中心

High Magnetic Field Laboratory of the Chinese Academy of Sciences

强磁场实验装置 2011 年年度报告

(稳态, 合肥)

中国科学院强磁场科学中心

稳态强磁场大科学工程经理部

2012 年 2 月

一、装置概况

装置概况

强磁场实验装置(HMFF)项目是由中国科学院和教育部联合申报并获批准的“十一五”国家重大科技基础设施建设项目。根据《国家发展改革委关于强磁场实验装置国家重大科技基础设施项目建议书的批复意见》(发改高技[2007]188号文件),强磁场实验装置采取“一个项目,两个法人,两地建设,共同管理”的建设模式—在中国科学院合肥物质科学研究院(简称合肥研究院)建设稳态强磁场实验装置(SHMFF);在华中科技大学建设脉冲强磁场实验装置(PHMFF)。

SHMFF的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。稳态强磁场实验装置工程经理部负责SHMFF建设的组织实施,各项任务以中国科学院强磁场科学中心为依托完成。

SHMFF于2008年5月19日获批开工,建设目标是:建立40T级稳态混合磁体实验装置和系列不同用途的高功率水冷磁体、超导磁体实验装置,使我国的强磁场水平跻身于世界先进行列。建设满足上述稳态强磁场实验装置运行所需要的20MW高功率高稳定度电源系统、20MW高功率去离子水冷却系统、氦低温系统和中央控制系统;建设强磁场实验装置上的输运、磁性、磁光、极低温、超高压和组合显微等科学实验测试系统,为开展凝聚态物理、化学、材料科学、地学、生物学、生命科学和微重力等学科的前沿研究提供强磁场平台。

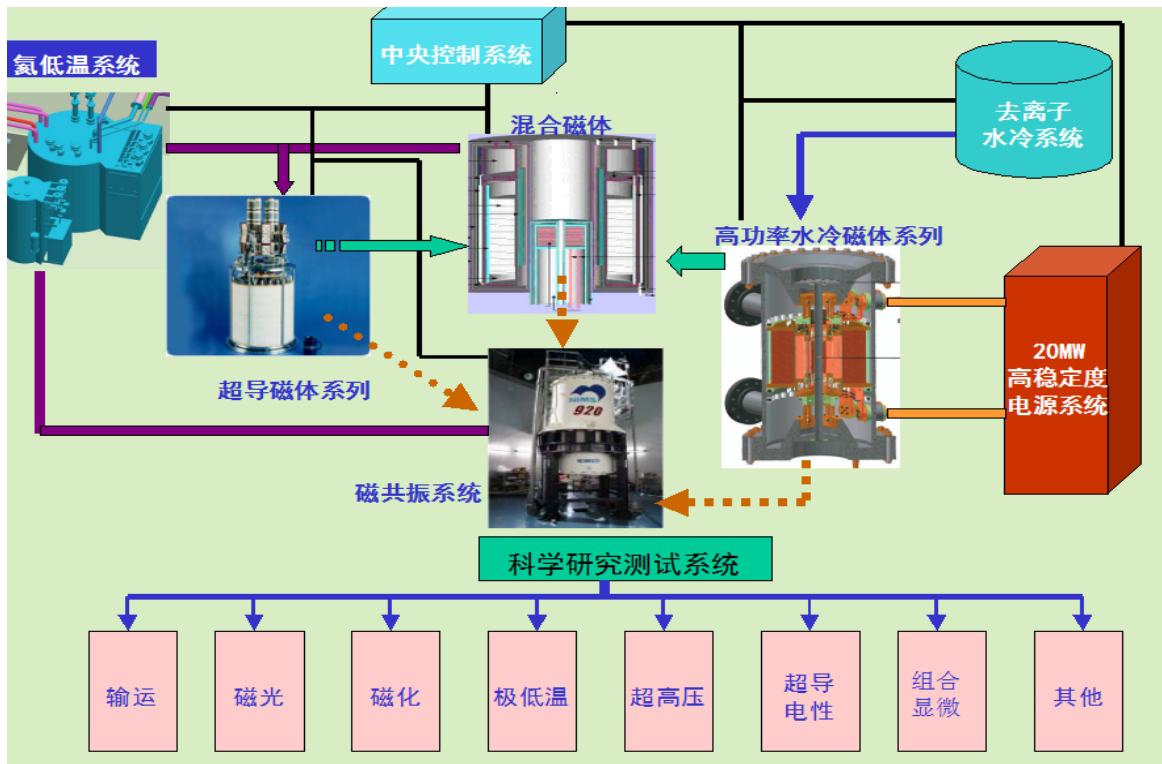
SHMFF建设周期为五年、从开工之日算起。

建设内容

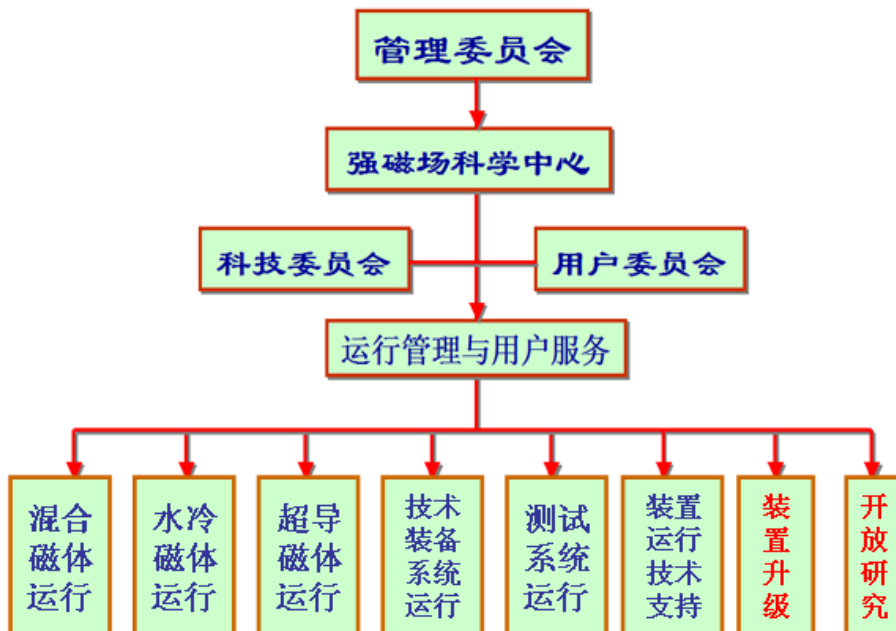
SHMFF 建设内容一览表

分类	名称	数量	备注
稳态磁体装置	混合磁体 HM1	1 套	HM1=HSM1+HWM1/HWM2
	水冷磁体	4 台	WM1, WM2, WM3, WM4
	超导磁体	4 台	SM1, SM2, SM3, SM4
技术装备系 统	高稳定度电源系统	1 套	PS
	去离子水冷却系统	1 套	WS
	氦低温系统	1 套	LHS
	中央控制系统	1 套	CCS
科学实验测 试系统	输运实验测试系统	1 套	TMS
	磁性实验测试系统	1 套	MMS
	磁光实验测试系统	1 套	OMS
	极低温实验测试系统	1 套	LTMS
	高压实验测试系统	1 套	HPMS
	组合显微实验测试系统	1 套	SMA
	核磁共振实验系统研究/研制	1 项	NMR
基建与公共 工程	科研实验楼	1 栋	总建筑面积 10000 平方米
	实验装置厅	1 栋	
	技术装备厅	1 栋	
	供电和给排水	1 组	配套

SHMFF 磁体、系统构成示意图



组织框架



二、研究进展及成果

科技论文发表、获奖及专利统计

2011 年共公开发表科技论文 86 篇。其中：SCI 收录论文 69 篇（以中科院强磁场科学中心为第一单位发表论文 45 篇），EI 及其它论文 17 篇。

2011 年受理专利 10 项，软件著作权登记 12 项。

科技论文发表、获奖、专利

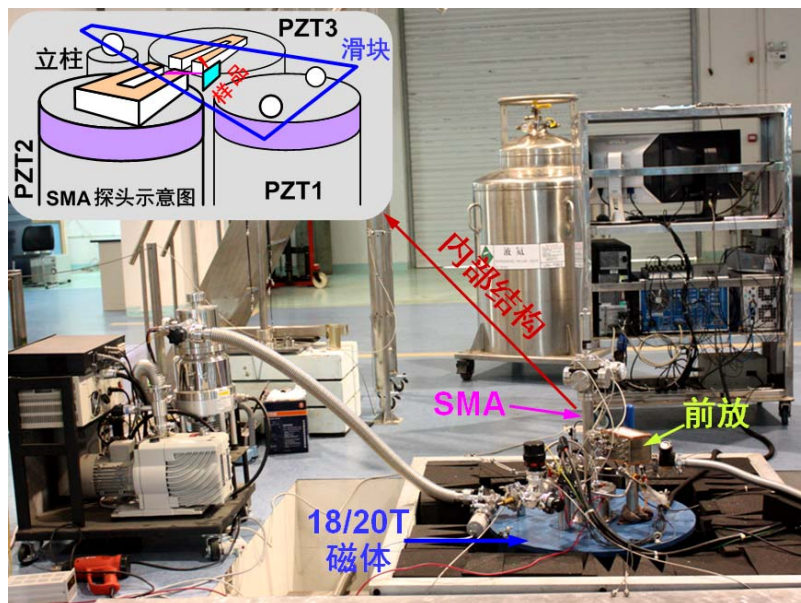
SCI 收录 论文数	引用 论文数	国内发表 论文数	用户相关 论文数	获省部级 以上奖数	发明专利 授权	实用新型 专利授权	软件 著作权
69		19	22				12

重要成果

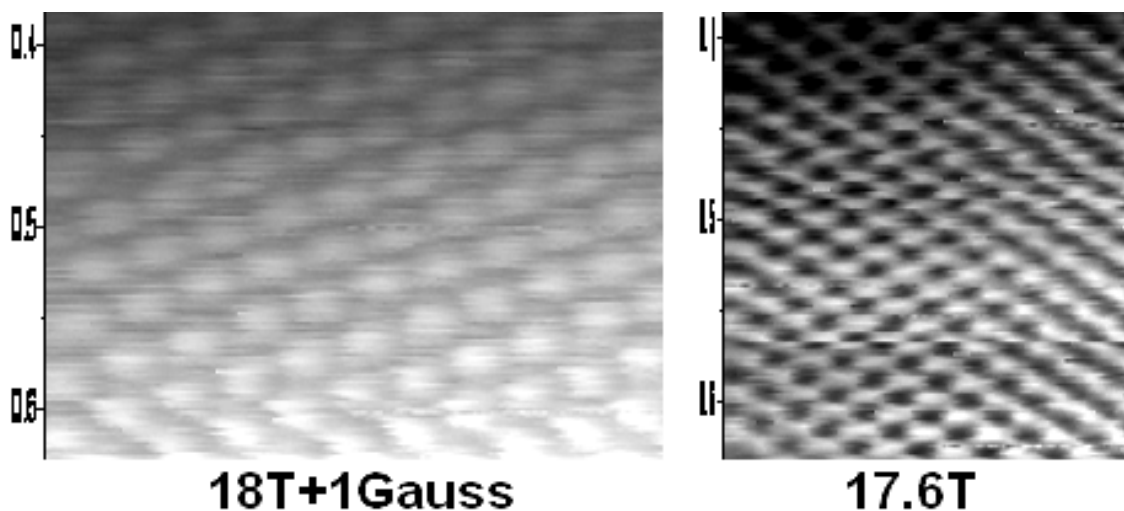
● 国际首套高场 SMA 组合显微系统研制成功

中科院强磁场科学中心陆轻铀研究组首次研制出 SMA 组合显微镜，此组合显微镜是由扫描隧道显微镜（STM）、磁力显微镜（MFM）和原子力显微镜（AFM）集成在一个镜体上组合而成，该组合显微镜能将 AFM、MFM 和 STM 三者测量上的优缺点强烈互补，可以对同一样品同时进行三种显微测量，能更好地用于在微观、原子层面多角度、更全面地表征物性的微观起源，更可将其植入 18/20T 超导磁体，特别适用于研究内部作用复杂的电子强关联体系，目前国际上尚无此类装置。

目前，组合显微实验测试系统与超导磁体 SM2 联调及实验测试进展顺利，已在 18T 的强磁场实验条件下测出了石墨样品的 STM 原子分辨率图像，在超高场测原子分辨率图像方面居于国际领先水平。



SMA 组合显微测试系统



高场下石墨的 STM 图像

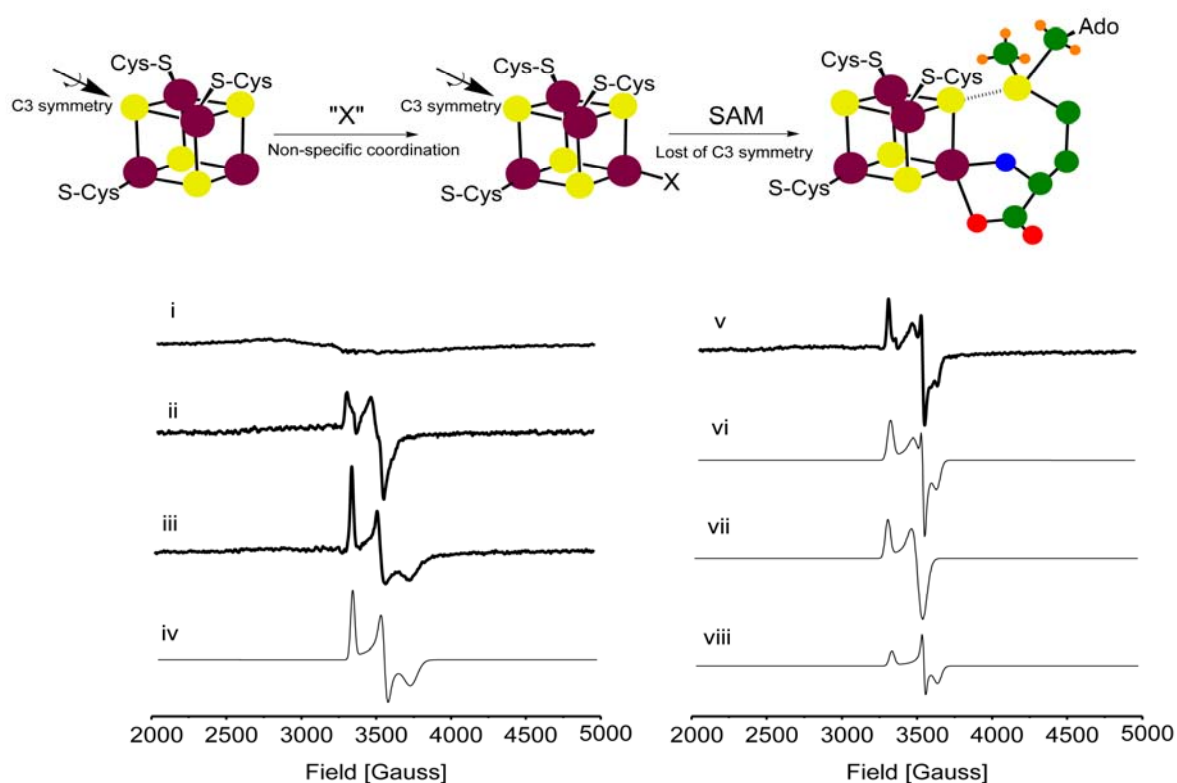
● S-腺苷甲硫氨酸自由基酶 NosL 及其类似酶 NocL 研究取得重要进展

中科院上海有机所张琪、刘文研究小组利用强磁场科学中心的电子自旋共振（ESR）实验测量系统开展了 S-腺苷甲硫氨酸自由基酶 NosL 及其类似酶 NocL 研究，并取得重要进展。

铁硫簇(Fe-S cluster)是生物化学中最古老的一类辅因子(cofactor)。这类辅因子普遍存在于各类生物体内，并广泛参与各种生命过程。除了其最为重要的负责电子转移的功能以外，铁硫簇也通过直接与底物结合从而催化多类化学转化。由于铁硫簇在生物化学中扮演的重要作用，对于其研究一直以来都是人们关注的热点。

张琪, 刘文研究小组曾报道了一种新型的 S-甲硫氨酸 (S-adenosylmethionine, SAM) 自由基酶 NosL 的功能研究 (*Nat. Chem. Biol.* **7**, 154, 2011)。该酶以 SAM 为底物, 通过铁硫簇对其进行还原产生一个腺苷自由基, 从而引发由 L-色氨酸到 3-甲基-2-吲哚酸复杂的重排反应。由于 NosL 催化反应的独特性和复杂性, 该报道也引起了一定的关注, 并被《科学》、《自然·化学生物学》和《Faculty of 1000-生物》评为亮点 (highlighted in *Science*. **331**, 1366 and *Nat. Chem. Biol.* **7**, 133 ;Faculty of 1000, F1000.com/8771961. FFa=10, Exceptional.)。

最近, 该研究组又与中科院应用物理所合作, 对 NosL 的一个类似酶 NocL 进行了详细的机制研究。本次研究发现 NocL 的铁硫簇除了能与 SAM 结合以外, 还能够与 L-色氨酸进行非特异结合。实验证实了在缺少真正底物的情况下, SAM 自由基酶的铁硫簇能与其他亲核试剂进行非特异的结合, 从而以一种非均匀(heterogenous)形式存在。该发现丰富了目前对于铁硫簇的认识, 对于针对铁硫蛋白的分子探针以及抑制剂的设计也具有指导意义。另外研究还揭示了催化过程中的甘氨酸自由基中间体。相关结果以研究论文的形式发表于最近的《生物化学通讯》 (*J. Biol. Chem.* **286**: 30245-30252, 2011)。

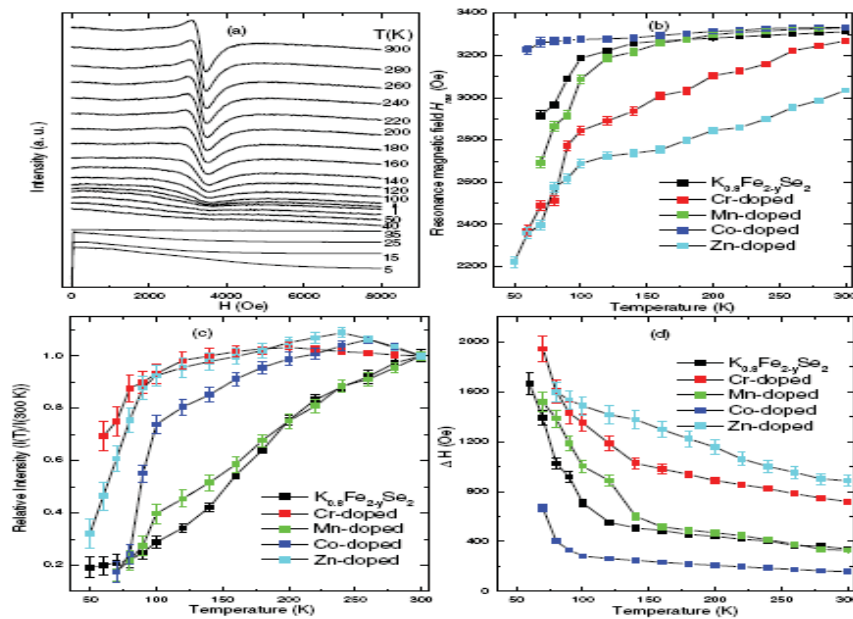


利用电子自旋共振证实铁硫簇在不同亲核试剂存在下结构发生变化

● $K_{0.8}Fe_{2-y}Se_2$ 超导体的掺杂效应和微观磁性研究

铁基高温超导体的掺杂效应研究是研究该体系超导机理的非常重要的内容。在铁基超导体中,铁的3d电子对超导电性的产生负主要责任,那么对铁位用其它过渡金属离子替代会对该体系的超导电性和其它物理性质有什么影响?

中国科技大学谭电和中科院强磁场科学中心张昌锦等人对 $K_{0.8}Fe_{2-y}Se_2$ 超导体的 Fe 位进行了 Cr, Mn, Co 和 Zn 掺杂效应研究,发现 Cr, Co, Zn 的掺杂强烈地破坏了体系的超导电性,而 Mn 掺杂样品的超导转变温度基本不变。通过电子顺磁共振的研究,发现 Cr, Co, Zn 的掺杂在体系中引入了局域磁矩,并产生磁拆对效应,而 Mn 掺杂的微观磁性和母体样品基本一致。这一结果是这种体系“磁拆对效应”破坏超导电性的关键证据。相关研究结果发表在《物理评论 B》上[Physical Review B, 84, 014502 (2011)]。

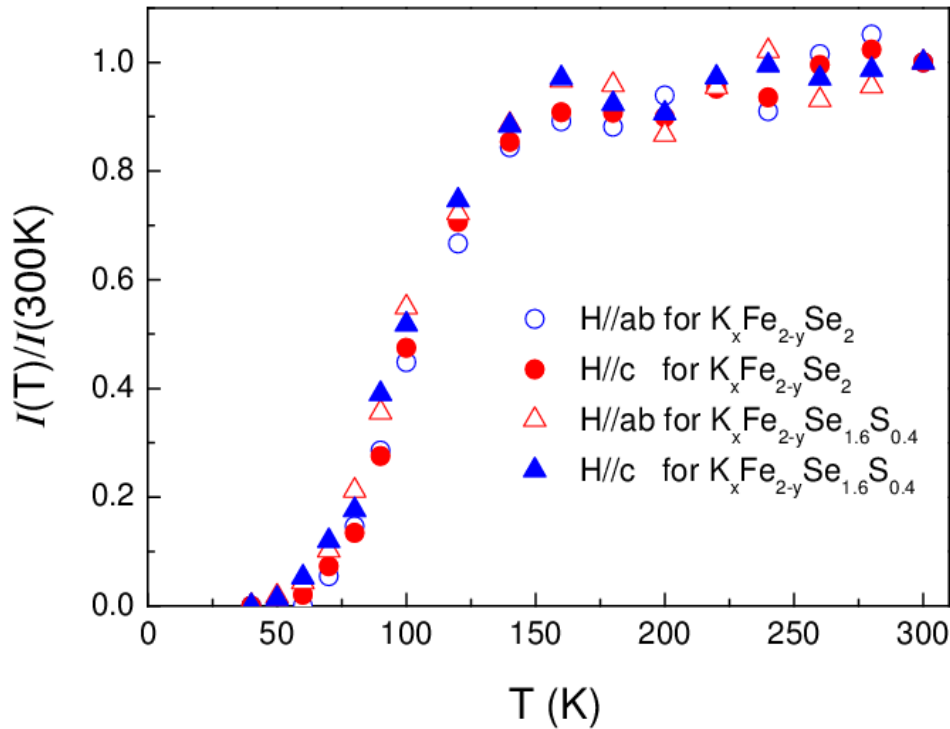


(a) $K_{0.8}Fe_{2-y}Se_2$ 样品不同温度下的电子自旋共振波谱图 (b) $K_{0.8}Fe_{2-y}Se_2$ 和 $K_{0.8}Fe_{2-y-x}M_xSe_2$ ($M = Cr, Mn, Co$ 和 Zn) 样品的共振磁场与温度关系曲线 (c) 相对强度与温度关系曲线 (d) ESR峰宽与温度关系曲线

● $K_xFe_{2-y}Se_{2-z}S_z$ ($z = 0, 0.4$)中磁性和超导电性的共存研究

中国科学技术大学的李立和中科院固体物理研究所的杨昭荣等人合成了 $K_xFe_{2-y}Se_2$ 和 $K_xFe_{2-y}Se_{1.6}S_{0.4}$ 单晶,其超导转变温度 T_c^{onset} 分别为 31.3K 和 32.8 K。并对样品的结构,磁性和输运性质进行了测量,同时利用电子顺磁共振谱仪(ESR)对样品的内部磁性进行了详细研究。通过和已报道过的中子衍射实验以及拉曼光谱实验进行对比分析后

发现，ESR 的结果表明体系的顺磁成分随着温度降低而逐渐减弱并最终转化为反铁磁态。同时通过对 Se 位进行 S 掺杂，在母体的反铁磁背景中引入了局域铁磁。以上结果给出了 $K_xFe_{2-y}Se_2$ 体系中磁性和超导电性共存的又一实验证据。此研究结果已发表在《物理评论 B》上[Physical Review B 84, 174501(2011)]。



$K_xFe_{2-y}Se_{2-z}S_z$ ($z = 0, 0.4$) 电子顺磁共振信号强度随温度的变化曲线

● 承担项目情况

2011 年中心在承担强磁场大科学工程建设和部分磁体装置先期试运行任务的同时，还承担了以下科研任务：国家自然科学基金项目 9 项，其中：面上基金 4 项、青年基金 5 项；重大基础研究计划(973 计划)课题 1 项；中科院知识创新工程重要方向性项目 1 项，承接横向课题 5 项。

2011 年新争取到国家自然科学基金项目 9 项，其中：面上基金 3 项，青年基金 6 项；获得国家重点基础研究发展计划课题资助 1 项；获得国家重大专项“新一代宽带无线移动通信网”资助 1 项。

三、装置建设、运行与改造

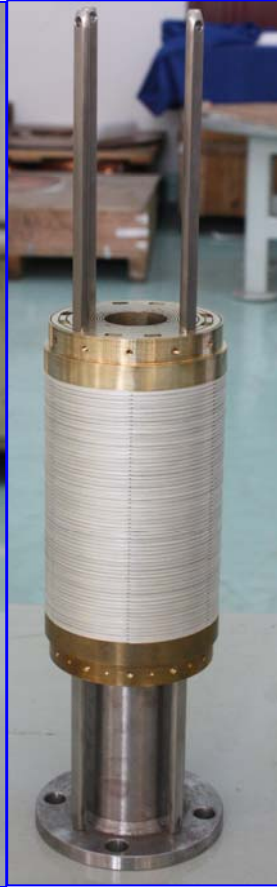
装置建设

SHMFF 2010 年部分磁体装置和实验测试系统已经建成、先期投入试运行并陆续向用户开放，实现了“从第三年起进入边建设边运行阶段”这一重要阶段目标。目前，投入试运行的超导磁体 SM2、SM3 和实验测试系统已为国内多所高校、科研院所提供了测试条件，并取得了重要研究成果。

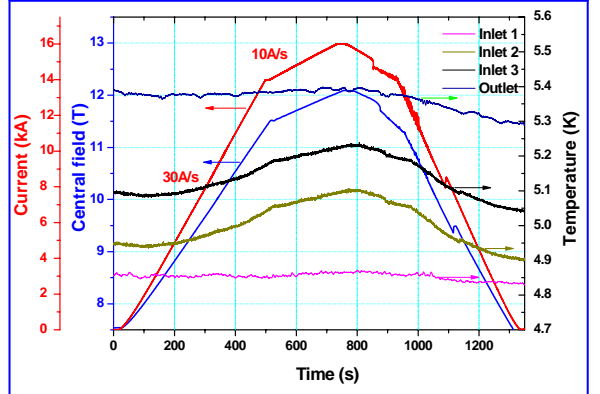
2011 年，SHMFF 建设正按计划稳步推进。混合磁体的外超导磁体已完成了导体测试和试验磁体测试，已开始加工；水冷磁体 WM4 各线圈组装完成，正准备压紧、固紧、安装和测试，水冷磁体 WM3 正在组装；高功率高稳定度电源系统、去离子水冷却系统、氦低温系统和中央控制系统建设完成，正在进行调试；水冷磁体 WM4、WM3 和超导磁体 SM4 将于 2012 年陆续投入运行，氦低温系统和高功率高稳定度电源、去离子水冷却系统、中央控制系统也将先后投入运行。



水冷磁体 WM4-B 线圈



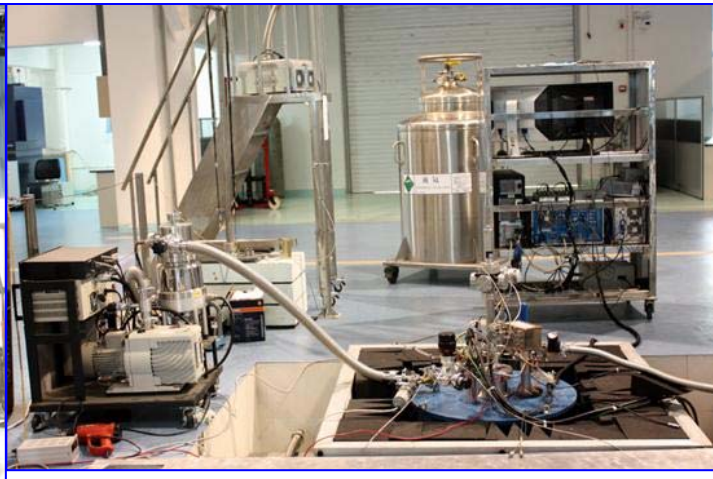
水冷磁体 WM4-A 线圈



上图:混合磁体的外超导磁体 Nb₃Sn 模型线圈测试系统
 下图:背景场下大电流负载测试曲线



超导磁体 SM3 (配套核磁共振谱仪)



组合显微系统 SMA 与超导磁体 SM2 联调



各技术装备系统安装调试

装置运行

自超导磁体 SM2、SM3 和各科学实验测试系统 2010 年获准先期投入试运行以来，已为中科院上海有机所、中科院物理所、中科院固体物理研究所、中科院半导体所、中科院生物物理研究所、中国计量学院、德国马普所、浙江大学、南京大学、中国科学技术大学、暨南大学、华中科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京航空航天大学、中国人民大学、温州医学院、厦门大学、美国肯塔基大学、西部超导公司、海军某部等二十多家单位提供了 669 人次（其中 2010 年 262 人次、2011 年 407 人次）、190 个课题（其中 2010 年 28 个课题，2011 年 162 个课题）实验测试条件，装置运行状况良好。

2011 年各设备运行机时、用户人次、课题情况一览

设备名称	实际运行时间（小时）				用户人次 (外部用户)	课题数 (外部课题)
	总机时	有效机时	机器研究	维护检修		
超导磁体 SM2	2768	2048	500	220	9 (6)	8 (6)
超导磁体 SM3	7400	6700	400	300	22 (13)	22 (13)
多功能物性测量系统 PPMS	4760	4360	200	200	20 (12)	15 (6)
超导量子干涉仪 MPMS	3782	3482	200	100	156 (82)	20 (10)
拉曼光谱仪	266	66	150	50	20 (12)	11 (7)
红外光谱仪	460	260	150	50	25 (20)	5 (3)
闭循环制冷机	1150	950	100	100	43 (11)	14 (6)
电子自旋共振波谱仪 ESR	689	634	55	0	52 (37)	30 (13)
X 射线衍射仪 XRD	1270	1100	100	60	38 (19)	15 (8)
组合显微测试系统 SMA	7400	6700	400	300	22 (13)	22 (13)

四、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		
100	24	65	11	47	26	27	5	4	55	4	6*

*其中 2011 年引进 1 人，2010 年引进 5 人。

中科院强磁场科学中心 2011 年度继续加强高层次人才的培养和引进工作，加强青年人才培养和研究生教育。通过法人单位和共建单位内人员调配，内部招聘和面向国、内外公开招聘相结合等一系列举措引进人才充实队伍。2011 年共引进 28 人,其中:特聘研究员 1 人，研究员 1 人，双聘研究员 1 人，海外回国留学生 3 人，博士毕业生 7 人，硕士毕业生 10 人，进站博士后 2 人。

五、合作与交流

国际互访与学术交流

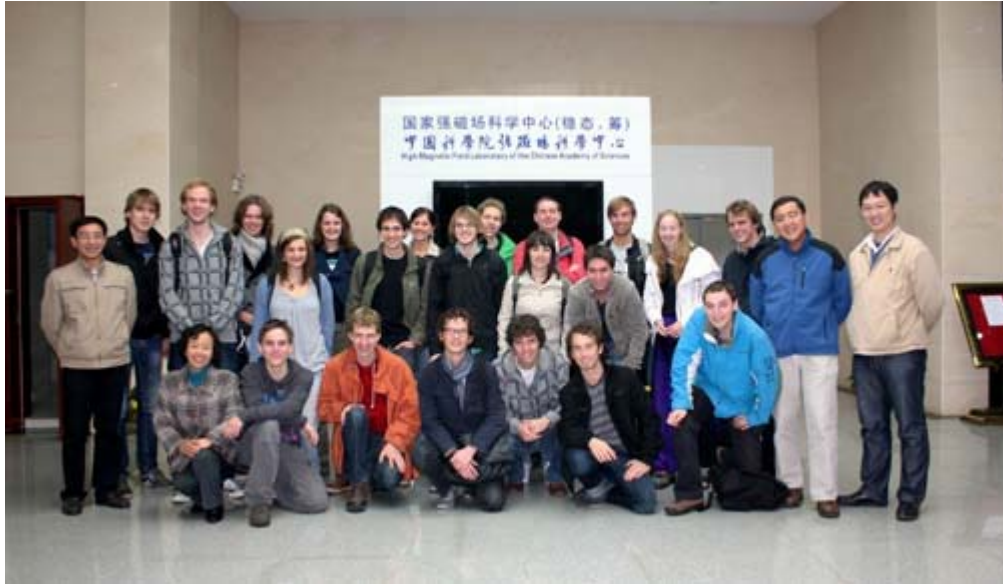
2011 年中科院强磁场科学中心共接待来中心访问、参加会议的外籍来访学者 20 人次；中心科技人员出境参加国际会议、培训 12 人次；为进一步加强与国内外知名专家和机构的合作和交流，中心举办了“强磁场中心系列学术报告会”，邀请了来自美国强磁场实验室、纽约州立大学布法罗分校、日本冈山大学、北京大学、中国人民大学、中国科学技术大学、北京大学、中科院上海应用物理研究所等机构的专家学者来中心进行学术交流。

11 月 5 日，中国科学院爱因斯坦讲席教授、德国弗莱堡大学诊断放射与医学物理系主任、国际医用磁共振成像学会金奖获得者、国际医用磁共振成像学会前主席 Juergen Henning 教授来中心进行学术访问，并进行了“中国科学院爱因斯坦讲席教授”证书颁发仪式，随后，德国弗莱堡大学和中科院强磁场科学中心签署了科技合作协议，根据达成的协议，双方今后将在磁共振成像领域开展实质性的合作。

10 月 29 日，由荷兰阿纳姆-内梅亨大学的一位教授和 20 位硕士研究生和高年级本科生组成的 SMCR China Study Tour2011 来强磁场中心进行参观和考察。



爱因斯坦讲席教授聘任仪式



SMCR China Study Tour 2011 参观强磁场科学中心

参加国际会议

- 5月4日-5月15日，钟凯研究员参加了在加拿大举办的国际医用磁共振成像学会年会并做报告
- 9月11日-18日，匡光力研究员等3人参加了在法国马赛举办的第二十二届国际磁体技术大会，匡光力研究员在大会上做报告
- 10月23日-29日，张昌锦研究员参加在日本举办的第24届国际超导研讨会并做报告

举办会议

召开了第二届强磁场中心国际咨询委员会 (International Advisory Committee of High Magnetic Field Laboratory, Chinese Academy of Sciences, 简称 IAC)，来自美、法、德、韩等国的十余位世界强磁场相关领域知名专家、委员会成员就强磁场中心的未来发展和前沿学科研究布局建言献策；组织举办了“固体核磁研讨会”、“磁场条件下的细胞生物学研讨会”、“生物核磁暑期培训班”、“强磁场科研报告会”等学术会议。



强磁场科学中心第二届国际咨询委员会召开

六、大事记

- 1月8日，中国科学院副院长施尔畏视察中科院强磁场科学中心；
- 2月22日，中科院党组副书记方新视察中科院强磁场科学中心；
- 3月17日，中国科学院副院长詹文龙视察中科院强磁场科学中心；
- 5月23日，中纪委驻中科院纪检组长、党组成员李志刚视察中科院强磁场科学中心；
- 9月27日，中国科学院党组书记、院长白春礼视察中科院强磁场科学中心，并欣然题词“强磁场聚英才，科学岛结硕果”；
- 12月10日，解放军总装备部副部长刘国治参观考察中科院强磁场科学中心；
- 12月18日至22日，中国科学院强磁场科学中心第二届国际咨询委员会(International Advisory Committee, 简称 IAC) 会议在合肥召开。

七、中国科学院强磁场科学中心通讯录

单位地址：安徽省合肥市 1110 信箱，中科院强磁场科学中心

邮编：230031

电话：0551-5592855, 0551—5591005

网址：<http://www.hmfl.cas.cn>

联系人：邱宁（E-mail: qiun@ipp.ac.cn）

邵淑芳(E-mail:shfshao@aiofm.ac.cn)

八、编委及责任编辑

编委：匡光力；责任编辑：邱宁