



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 2016 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

2017 年 2 月

**一、装置概况..... 3**

装置概况..... 3

组织框架..... 4

**二、研究进展与成果..... 4**

科技论文发表、获奖及专利统计..... 4

承担科研项目情况..... 5

获奖情况..... 5

SHMFF 用户科研成果..... 6

**三、装置建设、运行与改造..... 11**

装置建设情况..... 11

SHMFF 运行情况..... 12

**四、科技队伍与人才培养..... 13**

**五、交流与合作..... 14**

**六、大事记..... 18**

**七、中国科学院强磁场科学中心通讯录..... 22**

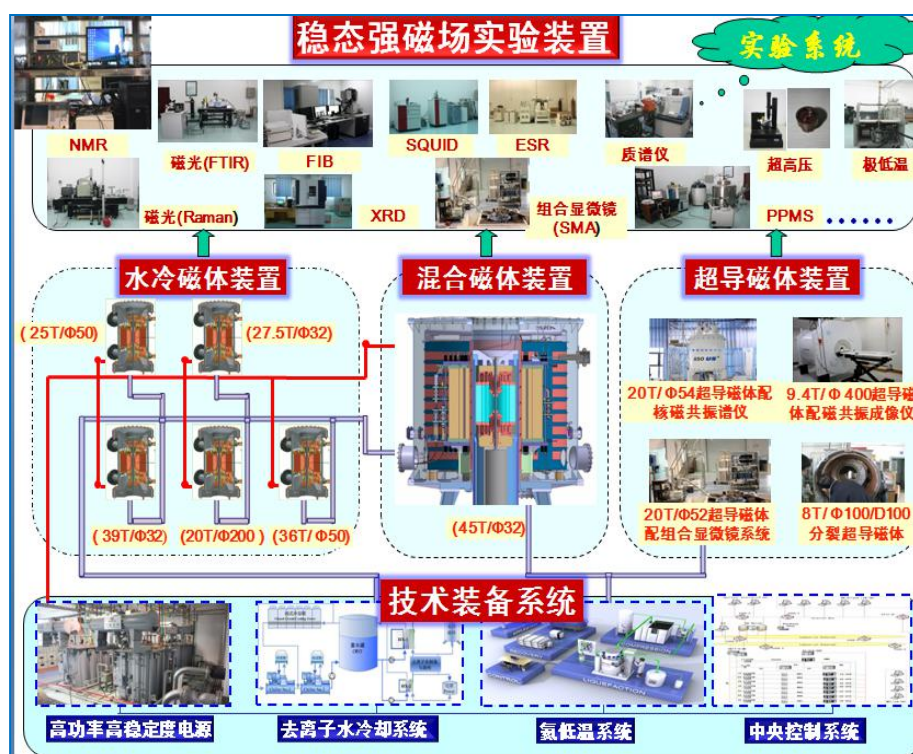
# 一、装置概况

## 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,简称稳态强磁场);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 磁体、系统构成图

组织框架

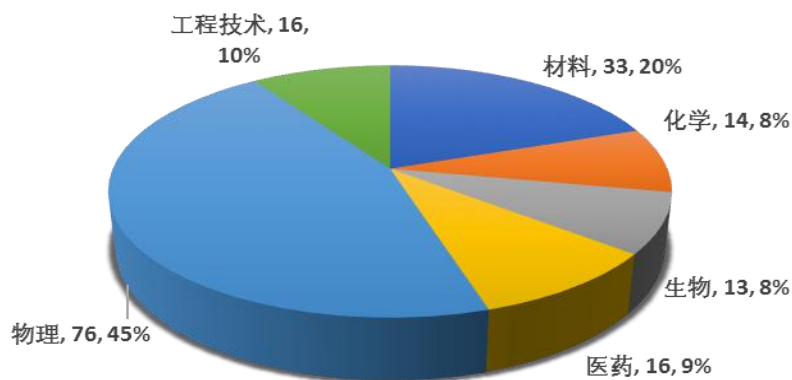


二、研究进展与成果

科技论文发表、获奖及专利统计

2016 年用户利用 SHMFF 进行实验并公开发表论文 168 篇，其中：SCI 收录 152 篇，一区期刊论文 50 篇，二区期刊论文 73 篇，Nature Index 期刊论文 39 篇。此外，授权专利 9 项，其中发明专利 6 项，实用新型 3 项；软件著作权 2 项。

|           |       |         |         |          |        |          |       |
|-----------|-------|---------|---------|----------|--------|----------|-------|
| SCI 收录论文数 | 论文引用数 | 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 |
| 152       |       | 161     | 168     | 1        | 6      | 3        | 2     |



## 科研论文按学科分布情况

### 承担科研项目情况

2016 年强磁场科学中心在研各类纵向科研项目 89 项，其中：科学院先导专项课题 1 项，国家重大研究计划课题 3 项，科学院仪器研制项目 1 项，国际热核聚变实验堆（ITER）专项 1 项，国家外专局、中国科学院国际合作创新团队项目 1 项，国家自然科学基金 57 项，安徽省科技攻关项目 1 项，安徽省自然科学基金 11 项，合肥大科学中心、物质技术中心项目 11 项，合肥研究院院长基金 2 项。

2016 年新增纵向科研项目 48 项，其中科技部重点研发计划课题 9 项，中科院先导课题 2 项，中科院前沿科学重点研究项目 2 项，国家自然科学基金 22 项，中科院科研仪器研制项目 1 项，安徽省自然科学基金项目 6 项，大科学中心项目 6 项；横向科研项目 4 项。

### 获奖情况

#### “20MW 高稳定度电源系统的设计和研制”获安徽省科技进步二等奖

高稳定度电源系统的设计和研制，是水冷磁体和混合磁体运行的关键支撑保障。该项目设计的系统由二组独立的额定输出电压为 500V, 输出电流为 20kA 的高稳定度电源组成，二组电源并联运行额定输出电流为 40kA，额定功率为 20MW。

项目核心技术完全自主设计和优化，填补国内之前没有成功研制十 MW 级、输出电流稳定度 10ppm（1ppm 为百万分之一）的高稳定度直流电源的空白；项目通过升级最终使电源系统可实现 500V、600V 及 700V 三个档次的额定电压输出，实现电源系统由最大输出功率由 20MW 提高到 28MW；创新性地提出并实现了将无功补偿和谐波抑制（PFC）结合、固定无功补偿和可变无功补偿结合的无功补偿和谐波抑制方法，大大降低了相控电源和负载变化带来的过补偿和欠补偿从而降低了电网电压波动，解决了大功率整流电源接入电网导致的兼容问题；重新设计整流变压器，创造性地提出分裂式变压器结构(轴向分裂)设计为电源实现高稳定度提供了保证，并采用平波电抗器实现限制环流和滤波双重功能以减少噪音，电抗器的优化设计降低了预算投入和减小了设备占用空

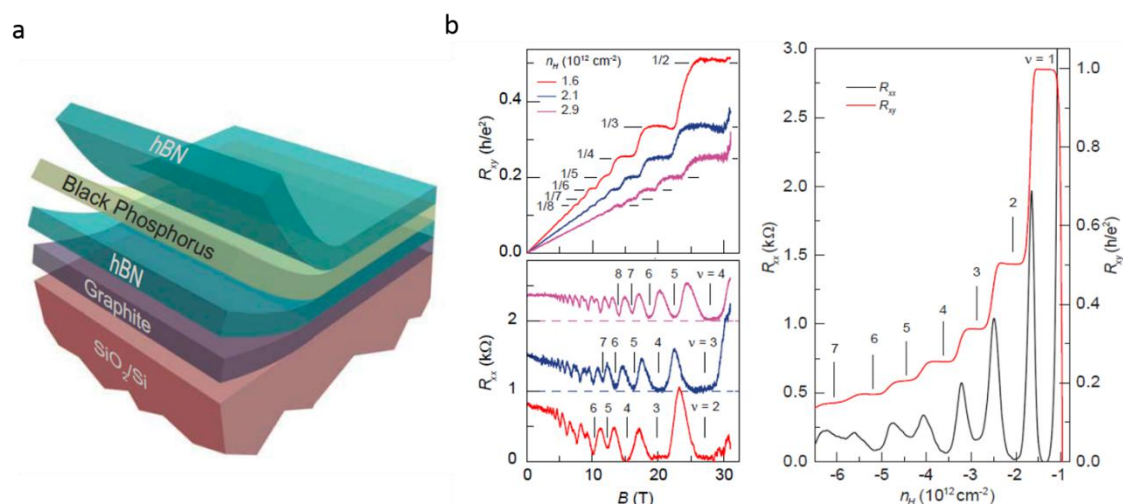


间，为类似的大功率多脉波整流电源设计提供了范例；优化设计 LC 滤波器和精密的反馈控制策略，使“稳态强磁场实验装置”的高稳定度电源系统的电源稳定度达到 10ppm,并实现输出电流纹波峰—峰值降低到 $\leq 25\text{ppm}$ ，大大高于 SHMFF 国家任务目标 50ppm 要求。

## SHMFF 用户科研成果

- 高场下首次观测到黑磷中的量子霍尔效应【Nature Nanotechnology 11, 593-597 (2016)】

新材料的发展极大地促进了凝聚态物理的研究进展。最近，黑磷成为了二维电子气领域的新成员。在这篇工作中，复旦大学张远波教授课题组和中国科技大学陈仙辉教授课题组合作首次观测到了高质量黑磷二维电子气中的量子霍尔效应。利用聚合物转移的方法，将石墨，氮化硼和黑磷的薄层依次叠加在衬底上形成异质结结构。这一结构利用了石墨的导体性质，静电屏蔽了来自于衬底和界面上电荷杂质的散射作用，使得黑磷二维电子气的迁移率达到了  $6000\text{ cm}^2\text{ V}^{-1}\text{ s}^{-1}$ 。在这样的高质量样品中，首次观察到了黑磷中的量子霍尔效应。在此基础上，进一步研究了黑磷中电子自旋劈裂能隙随温度以及磁场的变化，发现黑磷中电子自旋劈裂能量与朗道能级间隙相当。这一特点与黑磷本身的各向异性相结合，为进一步研究黑磷中的分数量子霍尔效应奠定了基础。

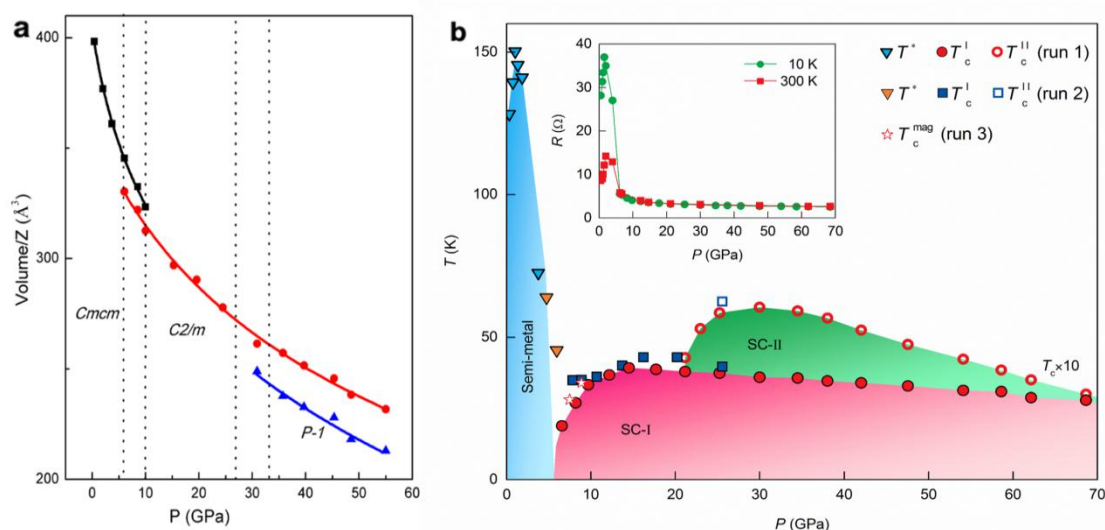


黑磷晶体管结构图(a)以及其在稳态强磁场中表现出的量子霍尔效应(b)

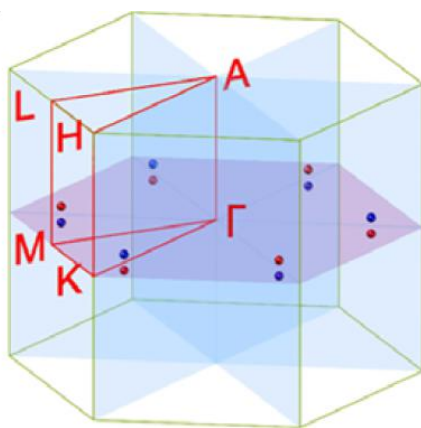
- 拓扑量子材料研究取得系列进展【PNAS 113, 2904 (2016); PRL 117, 146402 (2016); PRB 93, 115414 (2016); PRB 94, 205120 (2016); Sci. Rep. 6, 31554 (2016); PRB 94, 121115(R) (2016)】

伴随着拓扑绝缘体的发现，材料的拓扑特性以及新奇量子效应在过去的十年里受到了广泛的关注和研究，拓扑电子材料家族也从最初的拓扑绝缘体逐渐扩展到狄拉克半金属和外尔半金属等。2016 年用户利用 SHMFF 强磁场装置、极低温、高压等设备在此领域开展了多项研究，分别对  $\text{ZrTe}_5$ ， $\text{TaAs}$ ， $\text{PdTe}_2$  和  $\text{TaSb}_2$  材料体系进行了深入研究，在拓扑半金属研究领域取得了丰硕的成果。

中科院强磁场科学中心杨昭荣研究员、田明亮研究员与南京大学孙建教授、万贤纲教授以及北京高压科学研究中心杨文革研究员等组成的合作研究团队，利用高压、强磁场极端条件在拓扑电子材料的量子序调控研究中取得了系列进展。合作团队通过对狄拉克半金属  $\text{ZrTe}_5$  单晶进行高压下的电阻和交流磁化率测量，实验发现压力诱导超导电性，相关结果发表在 *PNAS* **113**, 2904 (2016)上；在外尔半金属  $\text{TaAs}$  研究中，理论和实验相结合揭示压力诱导新型拓扑外尔半金属相，相关结果发表在 *Phys. Rev. Lett.* **117**, 146402 (2016)上。



单晶  $\text{ZrTe}_5$  的结构与压力关系 (a) 和电子序温度-压力相图 (b)



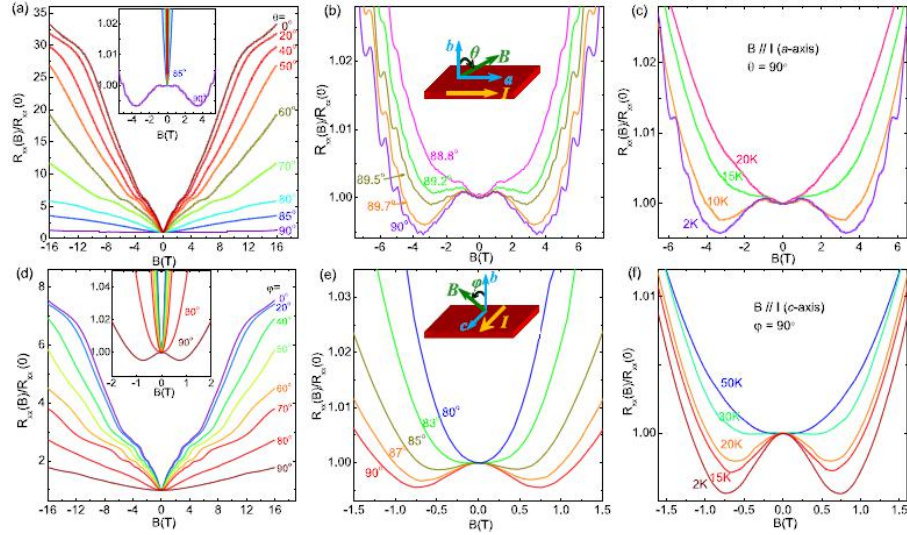
$\text{TaAs}$  高压六方相  $P-6m2$  第一布里渊区的外尔点分布示意图

强磁场中心田明亮研究员课题组通过电输运测量在  $\text{ZrTe}_5$  中发现了手性磁效应导致的负磁电阻和非平庸的贝里位相。转角磁电阻测量则发现三维特征的狄拉克电子，从而证明其为三维狄拉克半金属[*Phys. Rev. B* **93**, 115414 (2016)]；

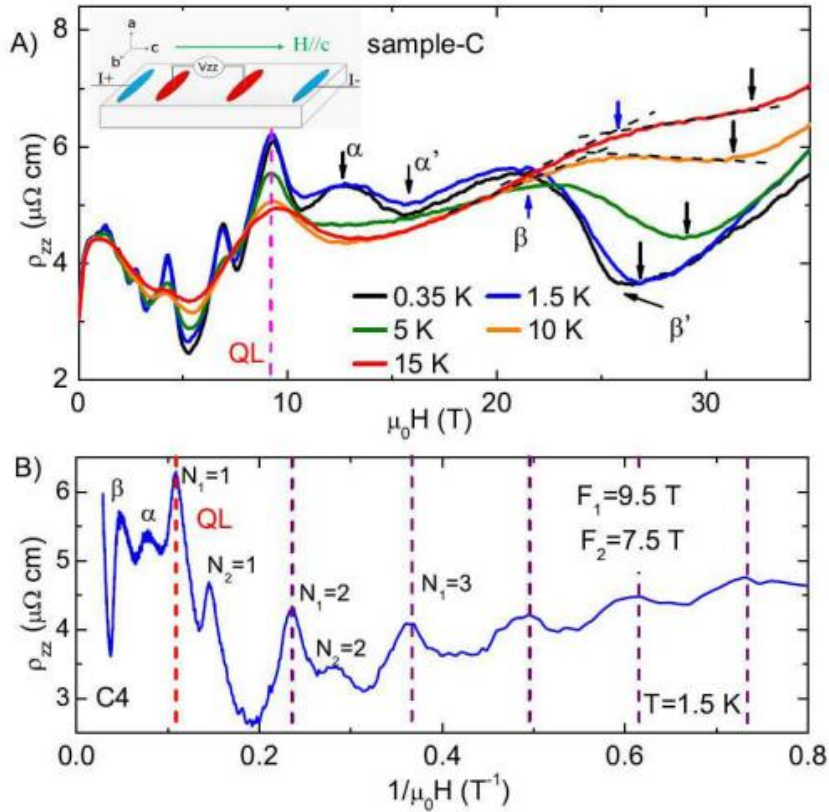
北京大学张弛小组研究结果表明，极高磁场下，当外尔电子都排列在最低朗道能级时， $\text{TaAs}$  的磁电阻和霍尔电阻会表现出一系列的异常行为和极强的温度依赖关系，这很可能与电子-空穴配对的不稳定有关[*Phys. Rev. B* **94**, 205120 (2016)]；

强磁场中心张昌锦课题组对  $\text{PdTe}_2$  体系的电子结构进行了研究，得到了完美的强磁场下量子振荡信号，该工作从磁性和电性两个方面给出了该体系中占主导地位的单带电子结构[Sci. Rep. 6, 31554 (2016)];

杭州师范大学李玉科博士在二元化合物  $\text{TaSb}_2$  材料中，发现该材料不仅具有低载流子浓度、超高载流子迁移率、巨磁阻效应、量子振荡等通常半金属材料特征，还具有类似拓扑绝缘体的饱和电阻平台以及类似外尔半金属的负磁阻行为[Phys. Rev. B 94, 121115(R) (2016)]。

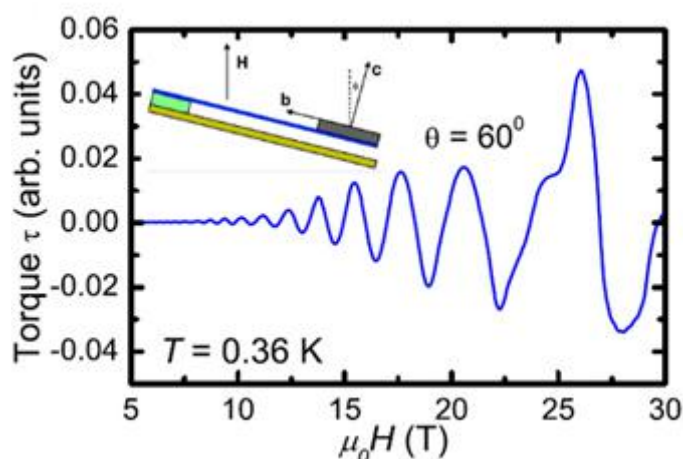


在低温下，当电流与磁场平行时， $\text{ZrTe}_5$  出现负磁阻行为。而磁场偏离电流方向时，或者温度升高时负磁阻行为消失

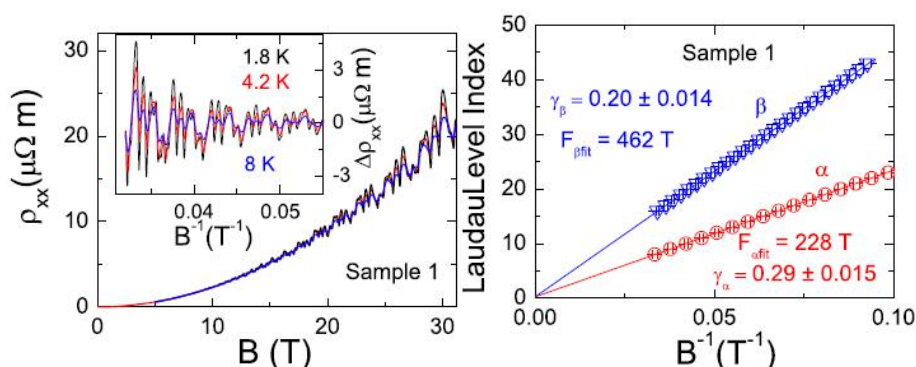




TaAs 在不同温度下电阻随磁场的依赖关系



在 0.36 K 极低温和强磁场下，PdTe<sub>2</sub> 样品呈现出良好的 de Hass-van Alphen 振荡信号

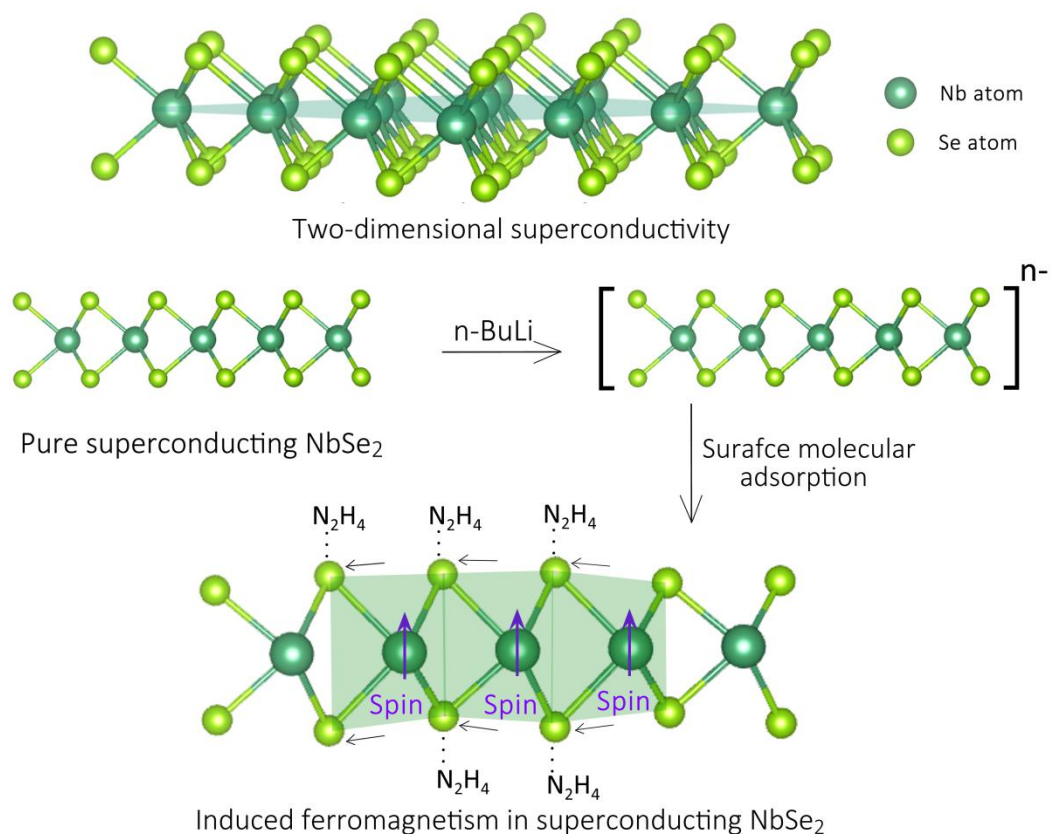


TaSb<sub>2</sub> 高场下的 SdH 振荡 TaSb<sub>2</sub> 非平庸的贝利相位

- 二维纳米材料超导相和铁磁相共存研究取得重要进展【Nature Communications, 7, 11210(2016)】

中国科学技术大学吴长征教授课题组和中科院强磁场中心研究人员合作利用稳态强磁场实验装置的物理性能测试系统（PPMS）上极低温强磁场各向异性磁输运测试功能研究了表面化学修饰的二维超导纳米片的各向异性磁阻特性。相关研究成果在《自然-通讯》（Nature Communications）上发表了题为“二维 NbSe<sub>2</sub> 纳米片中表面分子吸附诱发铁磁与超导共存

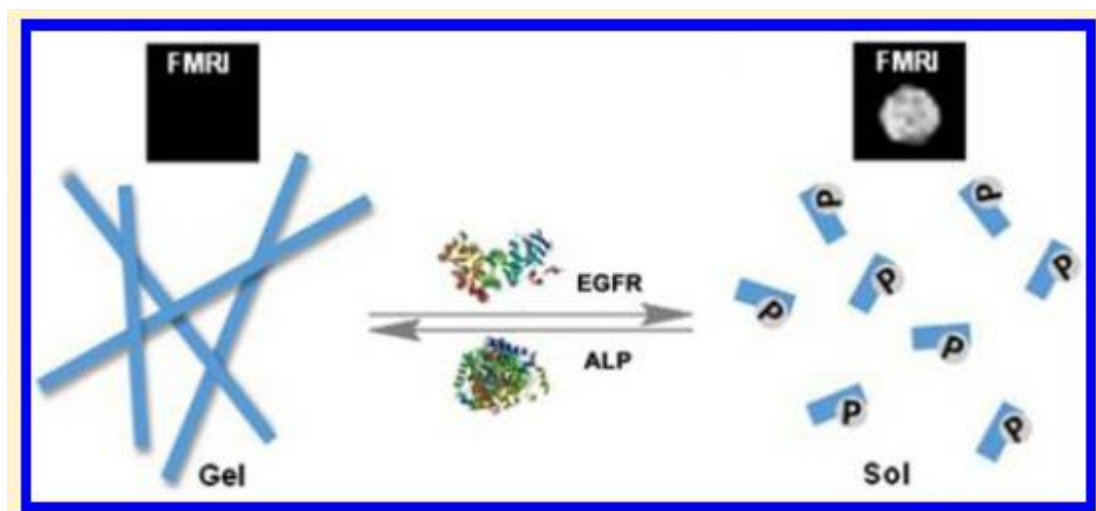
（Signature of coexistence of superconductivity and ferromagnetism in 2D NbSe<sub>2</sub> triggered by surface molecular adsorption）”的研究论文，报道了通过极性分子吸附诱导出本征自旋行为新方法，实现了在单个纳米材料结构中超导相和铁磁相共存。



在超导 NbSe<sub>2</sub> 二维材料表面修饰肼分子引入铁磁有序示意图

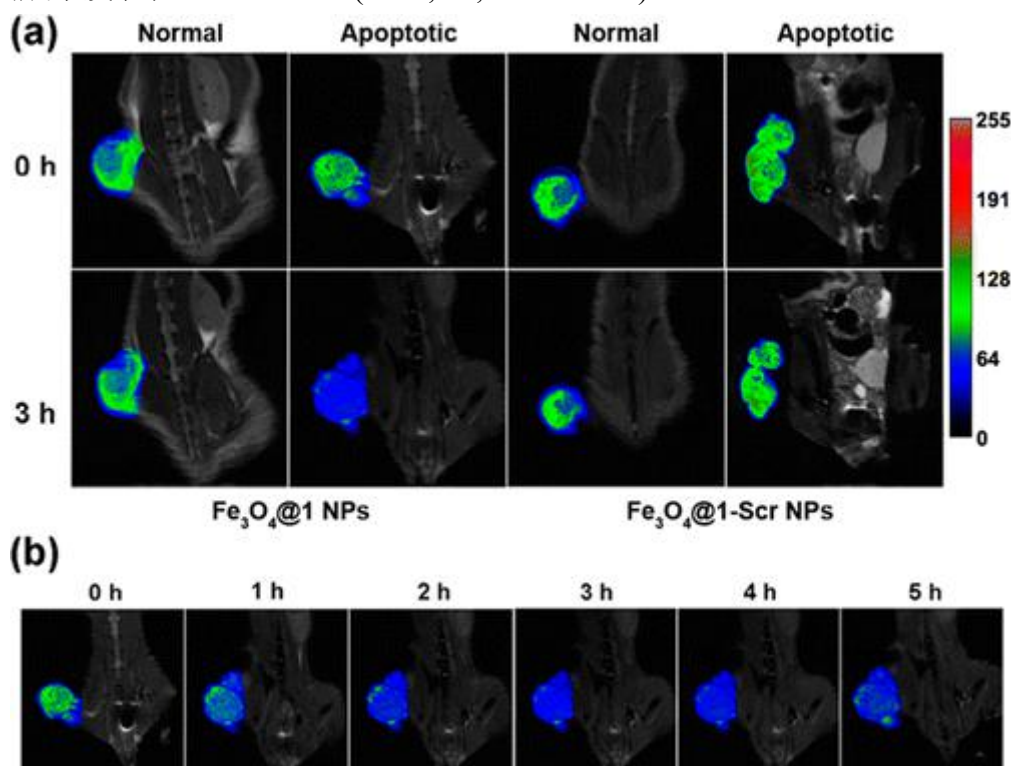
● <sup>19</sup>F 核磁共振和磁共振成像技术应用于检测酪氨酸激酶和磷酸酶的活性  
【Analytical Chemistry 88, 3363–3368(2016)】

中国科学技术大学化学系梁高林教授课题组与强磁场中心王俊峰研究员课题组合作，利用稳态强磁场装置的核磁共振设备，把 <sup>19</sup>F 核磁共振和磁共振成像技术应用于检测酪氨酸激酶和磷酸酶的活性。成功实现了应用 <sup>19</sup>F 核磁共振和磁共振成像监测酪氨酸激酶和磷酸酶控制的超分子水凝胶的组装和解组装过程，为未来的医药研究人员筛选这两种酶的抑制剂提供了新的方法和思路。相关成果发表在 *Analytical Chemistry* (2016, 88, 3363–3368)。



● 用于肿瘤凋亡监测的 MR 造影剂研究取得重要进展【Nano Letters 16, 2686–2691(2016)】

中科大化学与材料科学学院梁高林教授课题组与强磁场中心钟凯研究员课题组合作，利用稳态强磁场装置之一的9.4T/400mm大孔径动物磁共振成像系统，采用酶介导的缩合反应，设计一种小分子c-Asp-Glu-Val-Asp-Cys(StBu)-Lys-CBT共价修饰USPIO 纳米粒子从而制备单分散性 $\text{Fe}_3\text{O}_4 @ 1$ 纳米粒子。活体肿瘤小鼠的磁共振成像结果表明 $\text{Fe}_3\text{O}_4 @ 1$ 纳米粒子可以专门用于增强肿瘤细胞凋亡的 $T_2$  MRI信号。此项研究表明酶介导 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 纳米粒子的细胞内聚集可能作为一个“智能”探针从而有效地对活体内的生物标志物（Casp3/7）进行 $T_2$ 磁共振成像。相关成果发表在Nano Letters (2016, 16, 2686–2691)。



四氧化三铁纳米粒子活体内聚集增强肿瘤凋亡  $T_2$  加权磁共振成像

### 三、装置建设、运行与改造

#### 装置建设情况

2016年11月，SHMFF所属40T级混合磁体首次调试达到工程验收指标——40万高斯稳态磁场（该磁场强度目前在国际上排名第二）、建设内容全部完成。装置竣工验收工作已开始——SHMFF工艺测试大纲通过了院条财局组织的专家评审，已按计划完成部分测试；已向环保部提交环保验收申请，受环保部委托、浙江省环保监测站承担环保监测工作，已完成验收项目公示、相关的现场及周边数据监测：混合磁体、水冷磁体、超导磁体相关的磁场数据，变电站工况数据，噪声数据，水样采集等；此外，X射线衍射仪办理登记手续，完成X射线衍射仪设备辐射数据的检测、取得合肥市环境保护局文件批复。

## SHMFF 运行情况

SHMFF 先期投入试运行的磁体和实验系统，2016 年度运行状况良好。

SHMFF 2016 年计划运行总机时 49360 小时，其中有效机时 44170 小时，机器研究 5236 小时，实际运行总机时 49571 小时，其中有效机时 46329 小时，机器研究 3242 小时，完成了 2016 年度运行计划；

2016 年度专家实地审核，核定 SHMFF 基本运行经费预算 2663 万元。财务支出 2646 万元，预算执行率 99.36%。

2016 年围绕年度科学实验目标，在新型量子功能材料的合成与在强磁场下的调控生长、高温超导磁体及实用化超导材料的高场性能研究、关联电子材料/拓扑超导体/低维体系的量子效应及输运研究、生物大分子在疾病中的分子机制研究、稳态磁场的生物学效应研究、肿瘤发病机理和小分子药物作用机制研究等方面开展了基础性研究，共申请实验课题 275 份，通过审核 265 份，完成了 247 份，为 50 家用户单位提供了实验条件，用户利用装置共发表论文 168 篇（外部用户 99 篇，59%），其中 SCI 论文 152 篇（外部用户 96 篇，63%），I 区论文 50 篇（外部用户 29 篇，58%），Nature Index 39 篇（外部用户 30 篇，77%）。

“20MW 高稳定度电源系统的设计和研制”获得“安徽省科技进步二等奖”。

### SHMFF 用户及课题统计表

用户情况统计（包括运行单位用户，用户单位另附单独文档）

| 设施    | 用户<br>总数 | 院外 |    |    | 其中 |     |      |    |    |
|-------|----------|----|----|----|----|-----|------|----|----|
|       |          | 院内 | 国内 | 国外 | 大学 | 研究所 | 政府机构 | 企业 | 其他 |
| SHMFF | 50       | 21 | 24 | 5  | 29 | 20  | 0    | 1  | 0  |

| 设施    | 开放<br>设备<br>数 | 用户单<br>位数 | 用户计划<br>实验课题<br>数 | 用户完<br>成实验<br>课题数 | 用户<br>实验<br>参加<br>人数 | 用户实验涉<br>及领域及比<br>例                          | 故障机<br>时 |
|-------|---------------|-----------|-------------------|-------------------|----------------------|--|----------|
| SHMFF | 18            | 50        | 265               | 247               | 303                  | 物理：56%<br>材料：11%<br>化学：8%<br>生物：20%<br>医药：5% | 490      |

### 2016 年 SHMFF 运行情况

| 运行单元名称   | 运行机时执行情况       |                |      |
|----------|----------------|----------------|------|
|          | 计划运行时间<br>(小时) | 实际运行时间<br>(小时) | 执行率  |
| 水冷磁体 WM1 | 800            | 65             | 104% |

|               |      |         |      |
|---------------|------|---------|------|
| 水冷磁体 WM2      |      | 161     |      |
| 水冷磁体 WM3      |      | 23      |      |
| 水冷磁体 WM4      |      | 106     |      |
| 水冷磁体 WM5      |      | 478     |      |
| 超导磁体 SM3及 NMR | 8328 | 8174.16 | 98%  |
| 超导磁体 SM4及 MRI | 2529 | 2696    | 107% |

|                     |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|
| 超导磁体 SM1            | 1504 | 550  | 37%  |
| 超导磁体 SM2            | 6552 | 6840 | 104% |
| 多功能物性测试系统<br>(PPMS) | 7560 | 7680 | 102% |
| 低温输运测试系统            | 1400 | 1622 | 116% |
| 超导量子干涉仪<br>(MPMS)   | 7440 | 7920 | 106% |
| 电子自旋共振谱仪<br>(ESR)   | 1400 | 1212 | 87%  |
| 拉曼光谱仪 (Raman)       | 1840 | 1746 | 95%  |
| 红外光谱仪 (FTIR)        | 1815 | 1687 | 93%  |
| X 射线衍射仪 (XRD)       | 1200 | 1295 | 108% |
| 高场极低温输运测试系统         | 1440 | 1384 | 96%  |
| 超高压物性测量系统           | 1452 | 1436 | 99%  |
| 组合显微测试系统<br>(SMA)   | 4096 | 4496 | 110% |

#### 四、科技队伍与人才培养

中国科学院强磁场科学中心十分重视人才培养工作，通过引进国外杰出人才，培养优秀青年人才及招聘合肥研究院和强磁场中心特聘研究员等方式吸引紧缺性骨干人才等措施提供人才保障。

重视人才、引培结合。中心自成立开始，充分认识到人才的重要作用，高度重视人才工作，树立了“刚柔结合、引培并举”的人才战略。在政策、投入、流程、服务、培养、落实等多个层面积极努力，引进海外高层次人才、培养单位青年才俊。

服务人才、筑建平台。“人才进了门，自是一家人”，中心积极争取外部资源，在各级领导部门支持下，细心解决人才的住房、配偶工作、小孩入学等实



际问题；同时在科研启动、团队配备、项目争取等方面提供支持。

截止2016年年底人员情况，中心人员总数190人。其中：中国科学院院士2人，研究员39人，副研究员44人，中级52人，初级及以下31人，博士后在站16人，研究院特聘研究员2人，外聘专家1人，中心特聘研究员3人。

2016年中国科学院强磁场科学中心新增的人才项目有：1人通过中科院百人计划备案，1人入选“万人计划”科技创新领军人才，1人入选中科院青促会会员，1人获批2016年度国家公派出国留学项目，1人获批国家博士后创新人才计划支持，3人获批安徽省平台引进高层次人才奖补，并入选安徽省引才奖补平台。

| 设施<br>人员<br>总数 | 按岗位分           |            |    | 按职称分           |            |    | 学生               |                  |                       | 在<br>站<br>博<br>士<br>后 | 引<br>进<br>人<br>才<br>* |
|----------------|----------------|------------|----|----------------|------------|----|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                | 运行<br>维护<br>人员 | 实验研<br>究人员 | 其他 | 高级<br>职称<br>人数 | 中级职<br>称人数 | 其他 | 毕<br>业<br>博<br>士 | 毕<br>业<br>硕<br>士 | 在<br>读<br>研<br>究<br>生 |                       |                       |
| 190            | 85             | 81         | 24 | 91             | 68         | 31 | 8                | 7                | 162                   | 16                    | 0                     |

\*指通过“百人计划”、“千人计划”等引进的人才。

## 五、交流与合作

2016年度强磁场科学中心的国际合作与交流更加广泛和深入，来访者的专业覆盖面更加广泛，人数大幅度上升，呈现出高层次、宽领域、多渠道的良好发展势头。尤其是“2016强磁场下科学问题国际会议”的举办，更是吸引了二十多位国际知名学者的到访，大大提升了强磁场中心的国际影响力和知名度。年度总计到访55人次，其中学术交流及访问27人次，合作研究6人次，参加国际会议22人次。中心科研人员出境合计21人次，其中参加学术会议12人次，开展合作研究9人次。

10月29日至11月1日，由中国科学院强磁场科学中心主办，南京大学人工微结构科学与技术协同创新中心和中科院物理所协办的“2016强磁场下科学问题国际会议（2016NPHMF: 2016 Hefei Conference On Novel Phenomena In High Magnetic Fields）”在科学岛成功召开。本次会议来自美国、德国、荷兰、日本等世界著名强磁场国家实验室以及哈佛大学、橡树岭国家实验室、香港大学、东京大学、清华大学、北京大学、南京大学、浙江大学等国内外几十个知名大学或研究机构的230多位学者济济一堂，围绕量子材料与相关特性、强磁体科学与技术、生命及磁共振科学等主题，探讨国际前沿科学，交流最新研究成果。共有50个邀请报告、29个口头报告、71个墙报和15个用户成果与先进技术在会上做了交流和展示。



邀请报告

实验室考察

# 2016 强磁场下科学问题国际会议



美国强磁场实验室首席科学家、美国物理学会  
候任主席 Laura Green 女士在中心访问交流



美国强磁场实验室超导中心主任 David  
Larbalestier 教授考察磁体实验室



美国强磁场实验室副主任 Eric Palm 教授等  
考察混合磁体



荷兰奈梅亨强磁场实验室主任  
N.E.Hussey 教授与中心领导交流



中国、美国、荷兰、日本、德国强磁场  
实验室的主要负责人在合肥举行了“国  
际强磁场实验室高峰论坛”非正式会谈

10 月，中国、美国、荷兰、日本、德国强磁场实验室的主要负责人在合肥举行了“国际强磁场实验室高峰论坛”非正式会谈





强磁场下材料物理与生命科学国际合作创新团队工作稳步推进



德国专家汉斯与超导组交流



在总控室了解实验进展



参加工程晨会

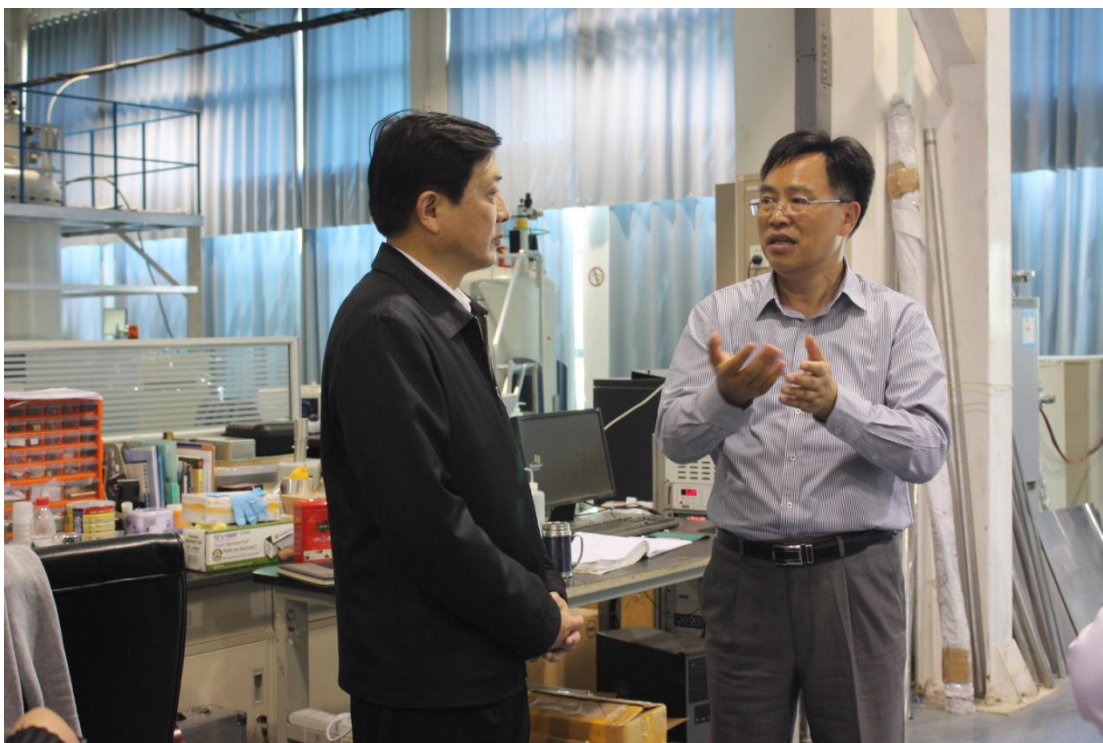
11月，强磁场中心国际科技顾问、原美国强磁场实验室副主任 Hans J. Schneider-Muntau 教授和原美国国家强磁场实验室测试运行部主任 Bruce Brandt 博士到访



“强磁场科学论坛”学术交流活动全面开展，共邀请了 27 位国内外专家做客强磁场科学论坛，其中境外专家 15 人，国内专家 12 人

## 六、大事记

- 5 月 4 日，中科院党组副书记刘伟平调研强磁场中心。



- 8 月 24 日，中国科学院白春礼院长调研中科院强磁场科学中心。





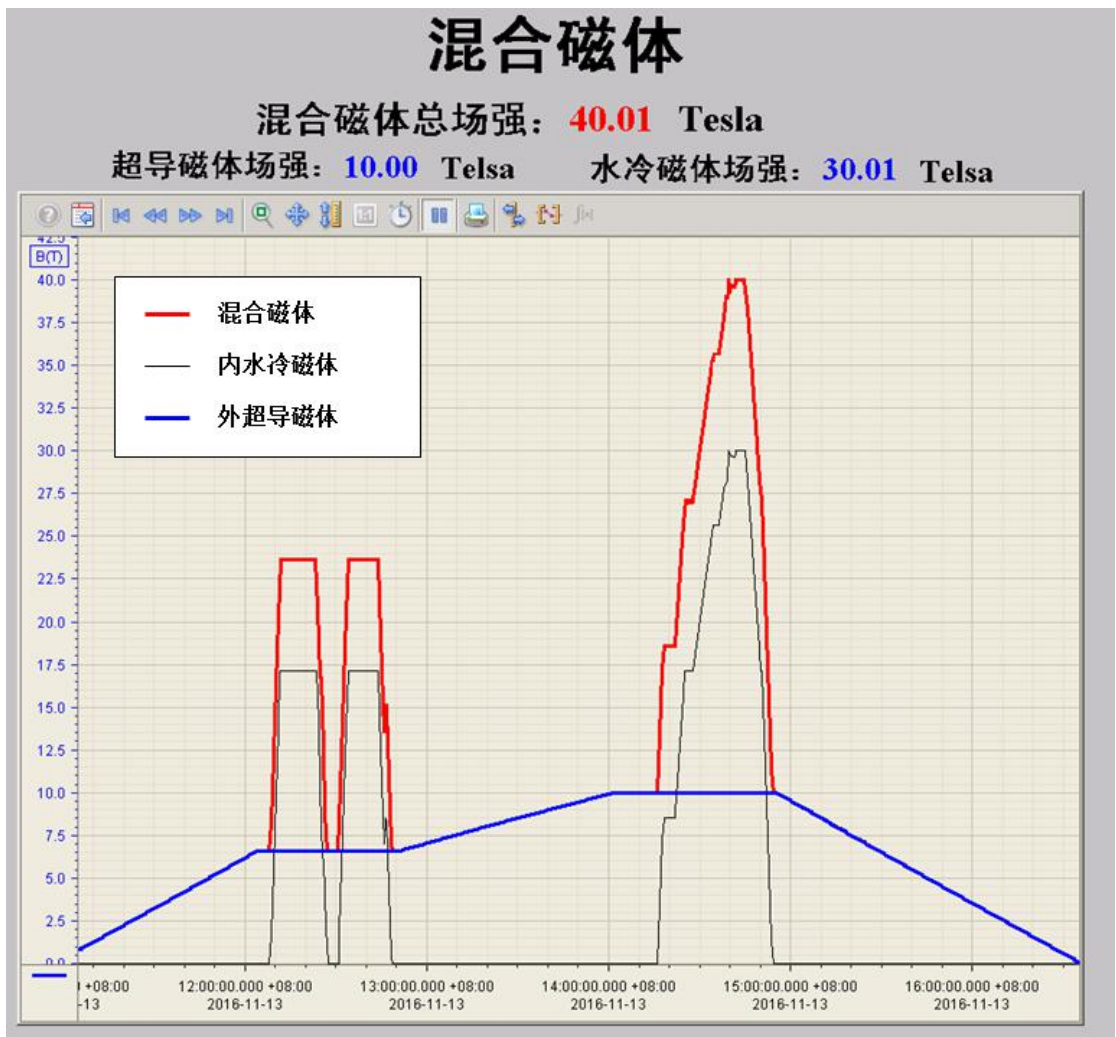
- 9月22日，中科院副院长谭铁牛调研强磁场中心。



- 10月29日至11月1日，2016强磁场下科学问题国际会议成功举办。



- 11月13日，SHMFF 混合磁体装置首次调试成功（场强 40T）。

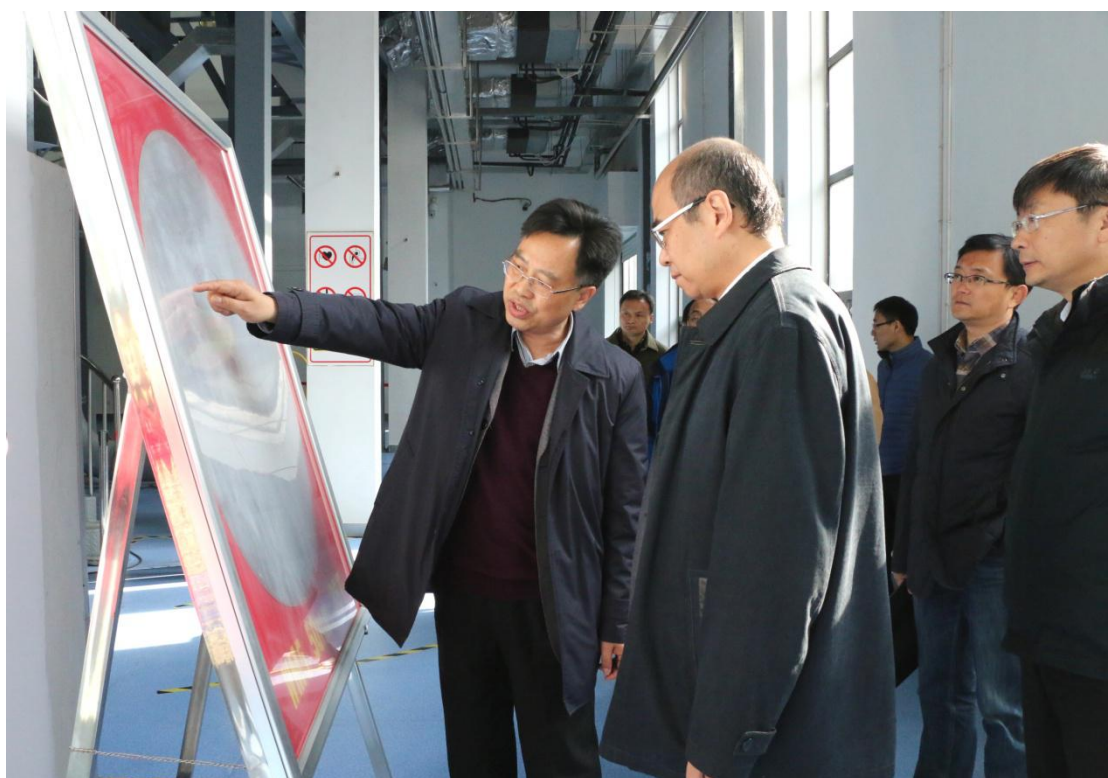




- 11月21~22日，稳态强磁场实验装置工艺测试大纲通过评审



- 11月29日，中科院副院长相里斌调研强磁场科学中心。



## 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，中国科学院强磁场科学中心

邮编：230031

电话：0551-65592855, 0551 - 65592290

传真：0551-65591149

网址：<http://www.hmfl.cas.cn>

联系人：邱宁 (E-mail: [qiun@ipp.ac.cn](mailto:qiun@ipp.ac.cn))

左萍(E-mail: [loux@hmfl.ac.cn](mailto:loux@hmfl.ac.cn))