

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 2014 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

2015 年 3 月

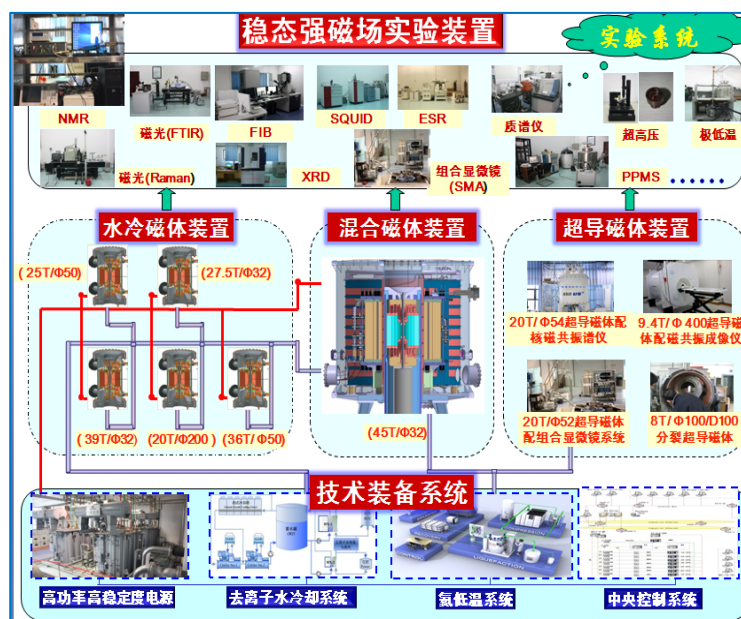
一、装置概况

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)。

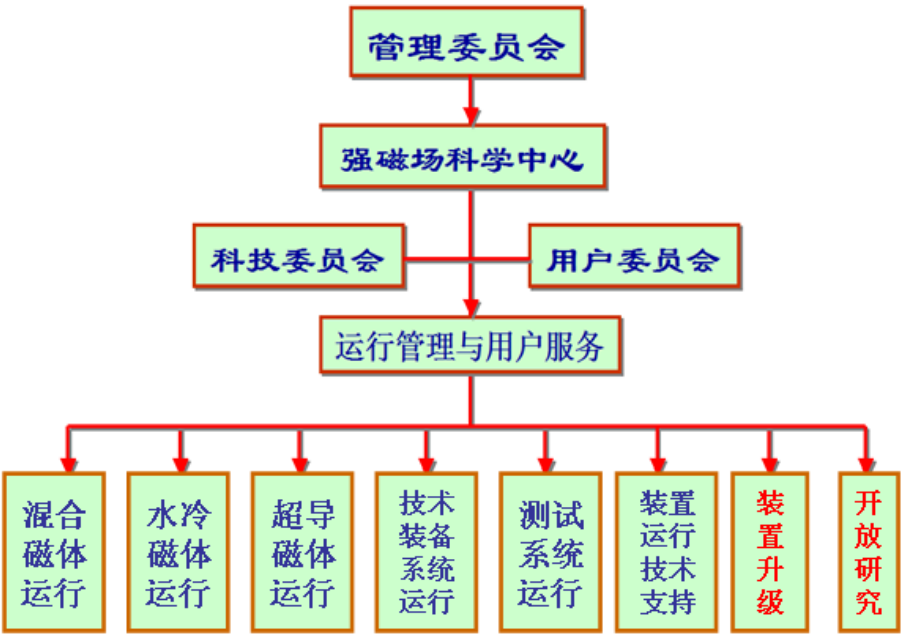
SHMFF的法人单位是中国科学院合肥物质科学研究院,共建单位是中国科学技术大学。稳态强磁场实验装置工程经理部负责SHMFF建设的组织实施,各项任务以中国科学院强磁场科学中心为依托完成。

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 磁体、系统构成图

组织框架



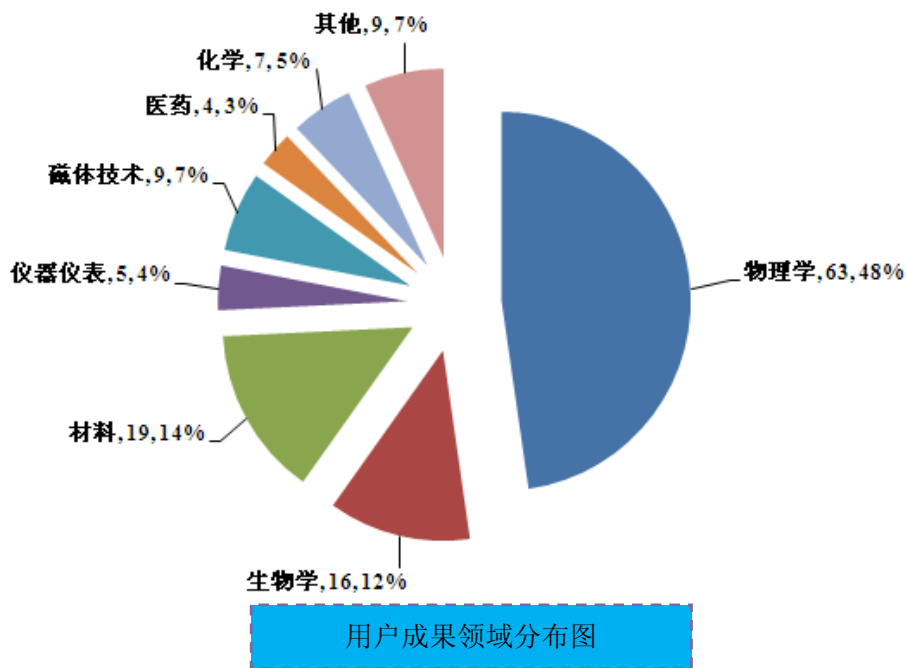
二、研究进展及成果

科技论文发表、获奖及专利统计

2014 年用户利用稳态强磁场实验装置进行实验并公开发表论文 132 篇，其中：SCI 收录论文 122 篇，EI 及其它论文 10 篇。此外，授权专利 6 项，其中发明专利 3 项，实用新型专利 3 项。软件著作权登记 20 项。

科技论文发表、获奖及专利

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
122	84	125	132	0	3	3	20



承担项目情况

中国科学院强磁场科学中心在做好稳态强磁场实验装置建设和运行任务的同时，积极争取科技部、国家自然科学基金委、安徽省等部委的科研项目，围绕稳态强磁场实验装置开展相关科学研究工作。

2014 年强磁场中心在研科研项目有：国家重点基础研究计划（973 计划）课题 1 项，国家重大研究计划课题 3 项，国家重大科技专项 1 项，“中国科学院个性化药物战略性先导科技专项”课题 1 项、国家自然科学基金 41 项，安徽省自然科学基金 5 项，合肥研究院院长基金 5 项，合肥物质技术中心方向项目 2 项。

2014 年强磁场中心新增科研项目有：国家自然科学基金 13 项，中国科学院科研装备研制项目 1 项，“国家磁约束核聚变能发展研究专项”1 项，中国科学院、国家外国专家局创新国际团队项目 1 项，合肥物质技术中心项目 5 项，安徽省自然科学基金 2 项。

重要成果

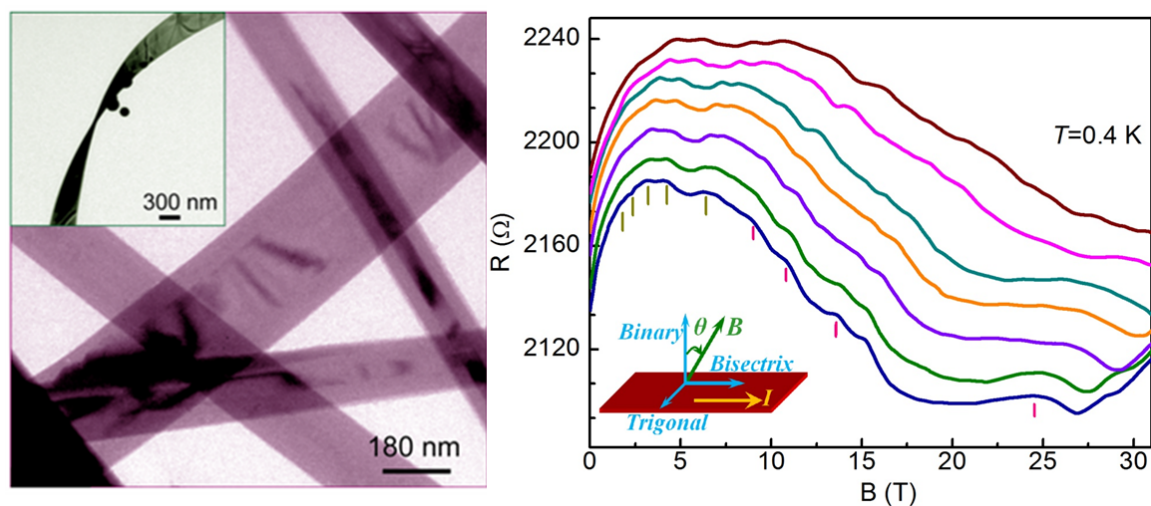
● 科研成果一：金属铋纳米带二维金属表面态研究方面取得重要进展

中国科学院强磁场科学中心田明亮研究员课题组在金属铋纳米带研究中，取得了突破性的进展。研究人员在超薄的单晶铋纳米带中观察到具有典型二维特征的 Shubnikov-de Haas (SdH) 量子振荡行为，同时低磁场各向异性磁电阻结果确

认了薄样品中的量子输运行为来源于二维表面态。实验结果首次清晰地给出了 Bi 薄纳米带中不仅存在二维金属表面态且该金属表面态有可能是拓扑保护的。相关系列研究成果发表在美国化学学会出版的 ACS Nano 和 Nature 出版集团旗下的《Scientific Reports》上。

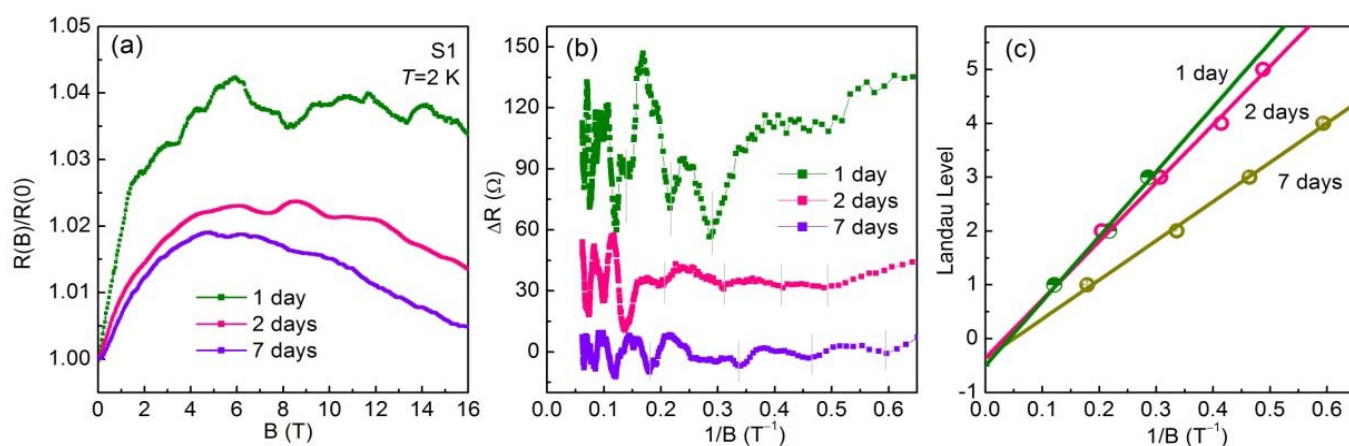
元素 Bi 是一种半金属材料，具有许多其它金属没有的特殊性质，如极小的费米面面积，极小的有效载流子质量，很低的载流子密度及非常长的电子平均自由程等，这些性质使 Bi 一直成为研究宏观量子现象的理想材料。近年来在强磁场下对 Bi 单晶的研究中，发现了一系列新奇的量子现象不能够用现有的理论模型理解，例如高磁场量子极限下的反常量子振荡行为等，更是使这一材料再次引起了广泛的关注。

最近对金属铋 (Bi) 薄膜的研究中发现，金属 Bi 薄膜可能存在性质不同于内部块体的二维金属表面态，但对表面态的机理理解不清楚。课题组宁伟副研究员和孔凤玉博士后等利用水热方法合成出高质量 Bi 单晶纳米带，利用中国科学院强磁场科学中心综合物性测量系统和强磁场 (~31 T)、极低温 (300 mK) 平台上，对不同厚度纳米带的电导特性进行了研究。实验发现：在超薄的纳米带中 (~40 nm) 能观察到具有典型的二维特征的 SdH 量子振荡现象 (如图 1 所示)，同时 SdH 振荡朗道量子指数与磁场倒数的关系出现截距为 -1/2；而在厚的纳米带中 (~120 nm)，只观察到具有三维特征的量子振荡行为，同时其截距接近于 0。这些结果不仅给出了 Bi 超薄纳米带存在二维金属表面态的实验证据且首次清晰地表明该金属表面态有可能是受拓扑保护的，如量子尺寸效应使经典的 Bi 半金属转变为拓扑绝缘体等。(ACS Nano 8, 7506-7512(2014))



(左) 单晶铋纳米带 TEM 图像; (右) 单根薄纳米带 (~40 nm) 在强磁场下的量子振荡行为

同时, 研究人员通过将样品在空气中自然氧化发现, 经过不同的暴露时间, 虽然表面态的状态发生了变化, 但其主要的性质都得以保留, 包括二维弱反局域化行为、二维 SdH 振荡等 (如图 2)。这些结果表明, Bi 纳米带的二维表面态在空气中是非常稳定的, 并不因为表面的氧化过程而消失。这为进一步确认 Bi 纳米带中表面态的拓扑性质提供了重要的证据, 并进一步表明该金属表面态有可能是受拓扑保护的, 即 Bi 纳米带很有可能是由于量子尺寸效应而导致的新的拓扑绝缘体。(Sci. Rep. 4, 7086(2014))

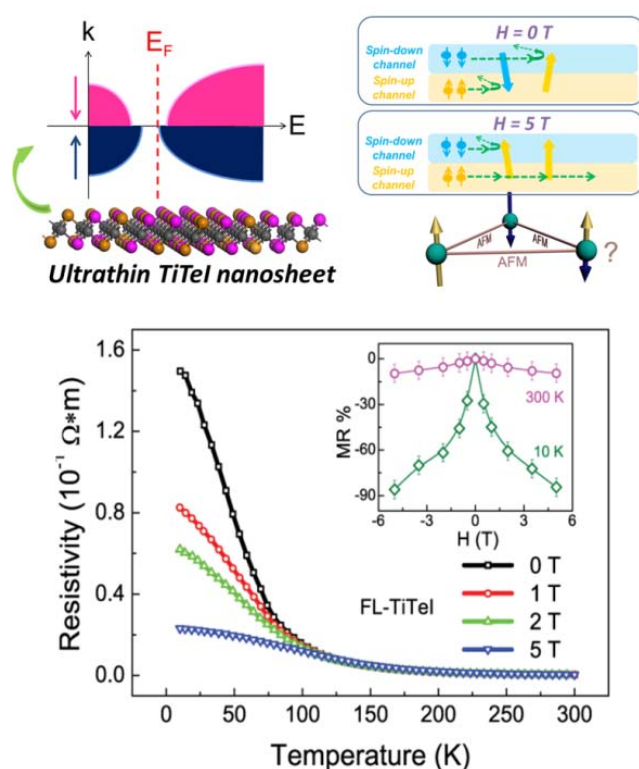


薄纳米带在空气中暴露不同时间后的磁电阻行为 (左)、磁电阻振荡行为 (中) 和 磁场倒数与朗道指数关系图 (右)

● 科研成果二：二维类石墨烯超薄结构中实现自旋调控和巨磁阻效应

基于电子自旋自由度调控的巨磁阻器件, 能实现信息高效存储和读写, 是整个信息产业的核心。随着人们对电子器件高集成度和小型化日益增长的需求, 在更小的材料尺度实现磁阻效应成为科学和产业界追求目标。以石墨烯为代表的本征二维纳米材料, 能在尺寸上满足器件小型化, 同时由于独特的二维限域效应, 表现出比块材更加优异的光电性能, 为实现纳自旋器件提供了材料基础。因此自旋的本征调控, 是二维石墨烯和类石墨烯材料领域的研究热点。由于大部分二维材料本身是非磁的, 如何在二维材料中引入自旋同时保持材料独立支撑的二维结构成为了关键。目前, 在二维材料中引入自旋的方法主要分为两类, 一类是包括原子吸附, 粒子辐照, 裁剪成条带等实现缺陷磁矩; 另一类是过渡金属阳离子掺

杂等实现铁磁插层化合物。但是，前者实现缺陷磁矩的饱和磁化强度远低于目前实用所需值，而后者实现插层化合物难于剥离，丧失了二维纳米材料特性。针对目前研究困难，吴长征研究组提出低价阴离子掺杂取代硫族元素的新方法在二维过渡金属硫属化合物中引入本征净自旋。阴离子掺杂可以克服阳离子掺杂形成插层化合物的缺点，从而实现二维层内离子替换。同时，选择适当的价态和电负性阴离子，对体系的过渡金属阳离子价态以及电子巡游性进行调控和优化，在二维材料实现净自旋磁矩和能隙打开。



阴离子碘固溶实现二维 TiTeI 能带打开； Ti^{3+} 局域磁矩的自旋阻挫构形导致电子自旋相关散射；超薄 TiTeI 纳米片的巨磁阻效应

中国科学技术大学化学与材料科学学院吴长征特任教授、谢毅教授课题组和中国科学院强磁场中心研究人员利用稳态强磁场实验装置物理性能测试系统（PPMS）上各向异性磁输运测试功能对阴离子掺杂的二维超薄纳米片的各向异性磁阻进行了研究。研究组采用面内碘固溶掺杂的新调控技术，在保持 TiTe_2 二维层状特性基础上，利用二维过渡金属硫属化合物中过渡金属 Ti 的 3d 电子关联效应，在电子结构层次对材料自旋自由度进行有效调控，制备出具有阻挫自旋结构的二维过渡金属硫属化合物 TiTeI 。同时，利用阴离子间电负性差异，实现了 $\text{TiTe}_{2-x}\text{I}_x$ 固溶体随着掺杂量发生从金属态到半金属态再到半导体态的连续电子相变。理论计算表明，材料在费米面附近态密度主要由 Ti 的 d 电子贡献，随着

碘掺杂量增加，整体态密度逐渐降低，直至能隙打开，证实了材料输运性质的演化行为。在此基础上进一步探索二维 TiTeI 的磁性能和输运性能间自旋相关散射作用，构建了基于二维过渡金属硫属化合物的巨磁阻器件。该实验结果实现了目前为止，二维类石墨烯体系最大的本征负磁阻效应，-85% (10K, 5T)，理论极限值为-100%。从基础研究角度，本成果丰富了二维过渡金属硫属化合物自旋的调控方法，揭示了二维晶格中电子自旋和输运的耦合作用。

该项成果以 “Large negative magnetoresistance induced by anionic solid solutions in two-dimensional spin-frustrated transition metal chalcogenides” 为题发表在国际顶尖物理类期刊 *Physical Review Letters* 上 (*Phys. Rev. Lett.* **113**, 157202 (2014))。

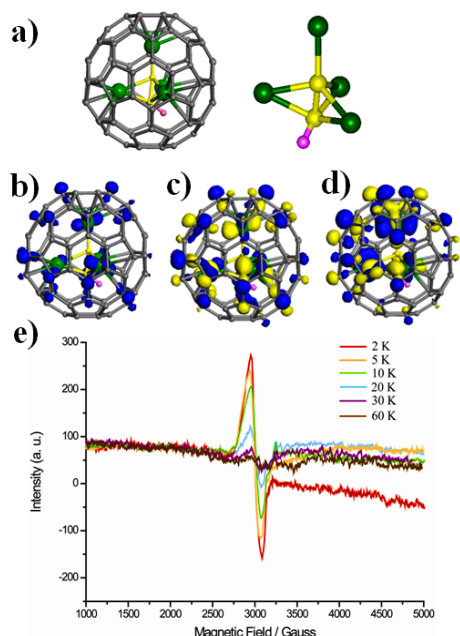
● 科研成果三：注入氢原子实现金属富勒烯的电子自旋活化研究

中国科学院化学研究所王春儒研究员课题组利用稳态强磁场实验装置电子自旋共振系统的极低温测试条件对他们最新发现的内嵌金属富勒烯分子 $\text{Sc}_4\text{C}_2\text{H}@\text{C}_{80}$ 进行了研究。

内嵌金属富勒烯是将金属原子或金属团簇嵌入到富勒烯碳笼内所形成的“超分子”。由于其独特的几何结构及新奇的理化性质，内嵌金属富勒烯受到众多科研工作者的关注，在生物医学、元素示踪、有机光伏、量子计算等诸多领域具有潜在应用价值。尤其是借助自旋活性的内嵌金属富勒烯有望实现量子调控、信息输运、量子计算等重大前沿科学问题。

该课题组长期致力于内嵌金属富勒烯的自旋调控及自旋活化相关研究。早在2009年，他们首次报道了第一例三层嵌套的“俄罗斯套娃”型内嵌金属富勒烯 $\text{Sc}_4\text{C}_2@\text{C}_{80}$ ，而其电子完全配对不具有自旋活性，为了激活其电子自旋，研究人员通过 H 原子的注入合成了 $\text{Sc}_4\text{C}_2\text{H}@\text{C}_{80}$ 分子巧妙地实现了其自旋活化，通过稳态强磁场实验装置电子自旋共振系统研究发现，该分子在温度低于 60 K 时表现出电子自旋共振特性，随着温度进一步降低电子自旋与内嵌金属的耦合作用增强，这种现象是由于其独特的电子结构造成的，理论计算结果表明该分子的内嵌金属团簇是由一个 Sc^{2+} 离子，三个 Sc^{3+} 离子，一个 C^6 基团，和一个 H^+ 离子组成，正是其 $\text{Sc}^{2+}(3d^1)$ 轨道上的电子对电子自旋的贡献起了主要作用。相关结果发表在 RSC 期刊《化学通讯》上 (*Chem. Commun.*, 2014, 50, 12166)。

这种通过 H 原子植入的手段来获得稳定的顺磁性的内嵌金属富勒烯的方法可以扩展到其他自旋活性富勒烯的制备, 将为内嵌金属富勒烯在量子计算领域的应用提供更多机会。

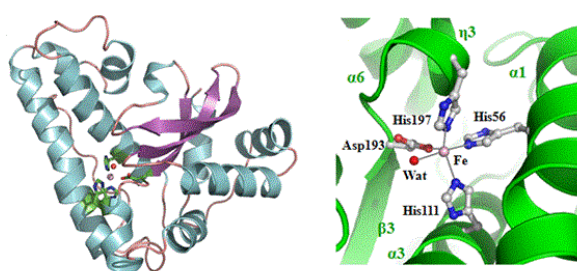


Sc₄C₂H@C₈₀ 的 (a) 优化结构; (b) 自旋密度分布 (蓝色部分); (c) SOMO; (d) LUMO (H: 粉色, Sc: 绿色, Ccarbide: 黄色, Ccage: 灰色) 及其 (e) 变温 EPR 谱图

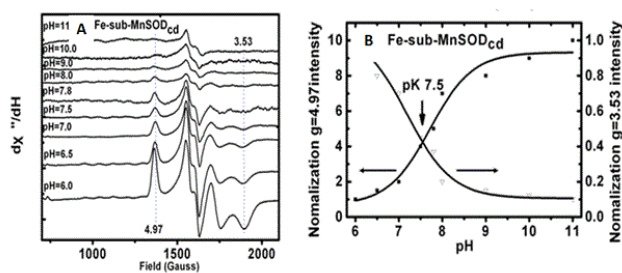
● 科研成果四：人病原体微生物超氧化物歧化酶的金属特异性研究

多年来, 复旦大学化学系和生物医学研究院谭相石教授课题组利用稳态强磁场实验装置 (电子自旋共振系统), 探测生命体系中金属蛋白/金属酶的金属活性中心的电子构型和配位几何, 阐明金属蛋白/金属酶的分子机理。电子自旋共振能够灵敏快速地探测金属蛋白/金属酶的活性中心结构。2014 年, 该课题组利用电子自旋共振系统揭示了人病原体微生物艰难梭菌 (*Clostridium difficile*) 中超氧化物歧化酶 (Superoxide dismutase, SOD) 的金属特异性分子机理。金属蛋白/金属酶的金属特异性是金属蛋白研究领域的热点问题, 金属特异性体现在蛋白的金属亲和性以及结合金属之后的反应性两方面。他们利用电感耦合等离子质谱的方法发现 SOD 的金属活性中心可以结合多种 +2 价金属离子, 包括 Fe²⁺, Mn²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, 其中 Fe²⁺ 的亲合力最高; 但是 SOD 活性测试表明 SOD 结合 Mn²⁺ 时活性最高。为了阐明这种有趣的金属特异性分子机制, 他们制备了不同金属离子占据的 SOD 蛋白。利用稳态强磁场实验装置电子自旋装置, 测定了 FeSOD, MnSOD, CoSOD 金属中心的电子自旋耦合超精细分裂谱, 进而解析了 Fe³⁺, Mn²⁺,

Co^{2+} 的电子构型以及配位几何构型 (3N2O, 五配位)。结合晶体结构以及 密度泛函计算, 发现 Fe^{3+} 占据 SOD 金属活性中心的 吉布斯自由能最高, 从而解释了艰难梭菌 SOD 对 Fe 的亲和力最高。利用 pH 滴定 ESR 谱发现, 随着 pH 增高, 五配位 Fe^{3+} 中心倾向于结合第六个 OH^- 配体 ($\text{pK} = 7.5$), 此配体竞争性抑制底物超氧阴离子结合, 从而使 Fe^{3+}SOD 表现出低活性; 而 Mn^{3+} 中心则在 $\text{pH} = 8.7$ 时去质子化近端的酪氨酸 (Tyr) (下图), 可以更好的稳定 HOO^- 离子, 从而使 Mn^{2+}SOD 呈现高活性。这种有趣的现象一方面源于金属本身的性质不同, Fe^{3+} 易于采取六配位八面体构型, 以获得姜泰勒稳定化能; 而 Mn^{3+} 则倾向于形成五配位三角双锥构型; 另一方面, 蛋白质提供给金属离子的配位微环境也能控制金属离子的反应性, 例如通过 Tyr 去质子化, 增加金属中心的亲核性, 提高金属离子的路易斯酸性, 从而提高底物的亲和性。这一成果发表在英国皇家学会著名期刊 (Chemical Communication, 2014, 50, 584)。



FeSOD 晶体结构



FeSOD pH 滴定 EPR 谱

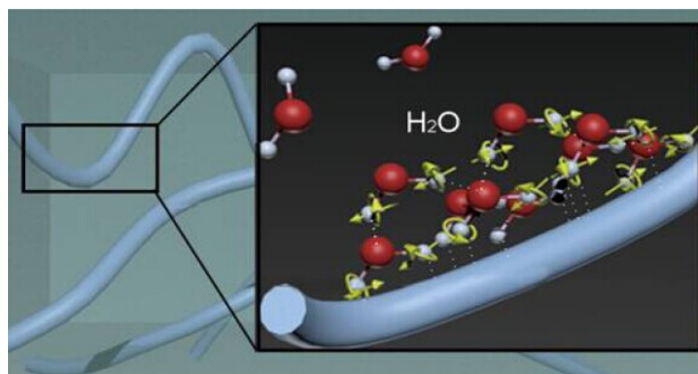
● 科研成果五：利用 SHMFF 磁共振成像系统研究酶促成胶取得新进展

中国科技大学梁高林教授课题组和中科院强磁场科学中心钟凯研究员课题组利用稳态强磁场装置 9.4T/400mm 大孔径高场磁共振成像系统研究酶促成胶的过程。分子自组装普遍存在于生物体系中, 并对许多复杂生物结构的形成起

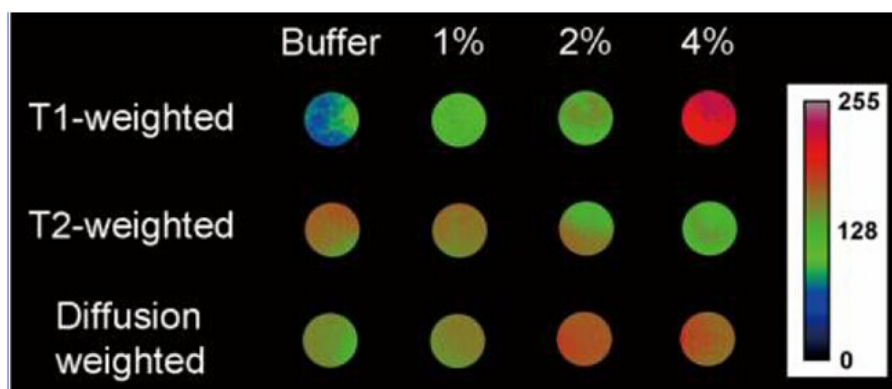
着重要作用。基于这个理解，人们可以设计非生物体系去模拟这种结构形成过程。超分子水凝胶，可以由小分子自组装固定大量水而形成，近年来作为生物兼容性的材料而被广泛研究，而且有望应用在三维细胞培养、生物分子筛选、伤口愈合、给药、组织工程和微细加工上。与其它物理或者化学法调控形成的水凝胶（如 PH 值、温度、离子强度、配体-受体结合等）相比较，酶调控由于将水凝胶形成过程与生物学事件进行了整合，且有更高的生物兼容性，从而引起了越来越多的研究者关注。至今，许多方法被用来研究酶促水凝胶形成，如实时傅立叶变换红外光谱、圆二色谱、流变学、高效液相色谱、荧光光谱等等。虽然水性凝胶因子和成胶的水分子之间的氢键结合对水凝胶形成过程非常重要，然而目前还没有分析方法用来研究在此过程中的水分子变化情况。有趣的是，水分子运动在磁共振成像中起着重要作用，而人脑中纤维蛋白斑块里面或周围水分子的研究在临床上常用来解释老年化疾病（如阿尔茨海默病、帕金森病等）的发展情况。在过去的十年里，扩散磁共振成像常用来研究水分子各向异性运动，并被广泛应用于描述人脑中白质纤维束的结构。

本工作利用磁共振成像手段去研究水分子在酶促成胶过程中凝胶形成前后的变化。假设在水凝胶形成之后那些贡献氢键去稳定纳米纤维的水分子将比那些外层水分子与纳米纤维表面结合更强。这种结合水的固定将显著缩短它们之中以及外层水分子的质子的纵向弛豫时间（ T_1 ），横向弛豫时间（ T_2 ）和表观扩散系数（ADC）。水凝胶中纳米纤维的密度越密，固定在纤维表面上的水分子会越多，从而导致 T_1 、 T_2 和 ADC 增大。基于上述假设，研究人员设计了一种能自组装成纳米纤维并且在溶于缓冲液的磷酸酯酶催化作用下形成水凝胶的前体。我们之所以选择磷酸酯酶来促成水性凝胶因子的自组装形成纳米纤维，并用这个过程来模拟活体环境，是因为许多疾病（如癌症，糖尿病，阿尔茨海默病和多发性硬化等）与磷酸酯酶和激酶的异常活动有关。通过利用流变力学分析和低温透射电镜观察以及 9.4T/400mm 磁共振成像仪系统地研究和分析了不同浓度的水凝胶的力学性质，孔径大小，水扩散速率，磁共振 T_1 和 T_2 弛豫时间。数据结果揭示了纳米纤维网络的密度如何反映水凝胶封装的水分子的弛豫特点，即随着凝胶浓度变大，弹性加大，凝胶孔径大小降低，会造成质子弛豫速率的增加。磁共振成像因而为潜在地研究纤维积聚的活体疾病

提供了一种新方法。相关研究工作发表在 *Analytical Chemistry* (2014; 86(12):5955-61) 杂志上。



超分子水凝胶中的纳米纤维影响周围水分子上的质子的弛豫



9.4T 下不同浓度水凝胶样品的 T1, T2 和扩散加权磁共振成像

● 科研成果六：下层原子散射表面电子的扫描隧道显微学证据

中国科学院强磁场科学中心的陆轻铀研究组利用其自主研制的高清晰扫描隧道显微镜 (STM), 通过对石墨表面缺陷的系统性原子分辨率成像研究, 提出了“集体干涉理论”, 定量地揭示了下层原子对表面电子态成像的影响。

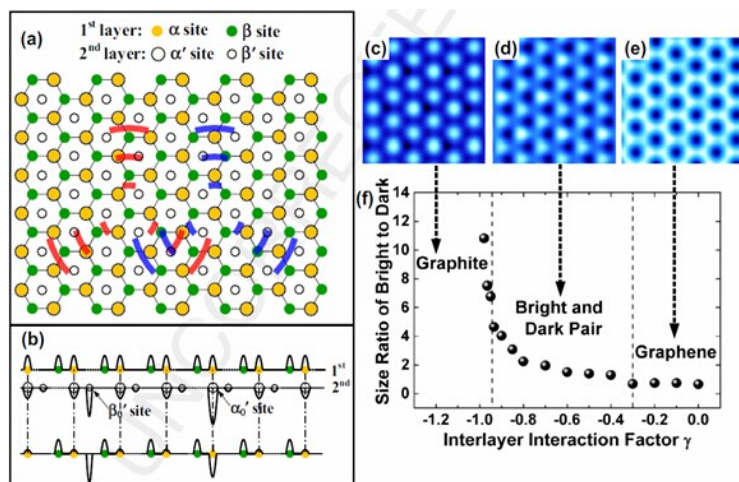
STM是一种具有原子分辨率的探针表面扫描成像显微镜,它于1981年由格尔德·宾宁及海因里希·罗雷尔在IBM的苏黎世实验室发明,两人因此获得了1986年诺贝尔物理学奖。其基本原理是通过压电定位来精密控制一根尖锐的金属线探针在距离样品表面几埃米 (Angstrom 或 \AA , $1\text{\AA} = 10^{-10}$ 米) 的上方扫描,通过测量探针和导电样品在偏压作用下产生的量子隧穿电流的变化来形成样品表面电子态的原子分辨率图像。显然,表面原子对表面电子态的STM图像有直接影响,但下层原子呢?

一直以来,人们对下层原子与表面电子态之间的关系缺乏认识,因而导致

了一系列的争议。为了定量地研究下层原子对表面电子态图像的影响，就需要找到一个样品体系，它的表面原子层与下一原子层之间的间距是连续变化的，而且所用的STM需要品质特别高，能够测出层与层之间距离细微变化所带来的电子态图像的变化。陆轻铀课题组先是研制出了逼近驱动与扫描成像可分离的STM结构（发明专利申请号：201210545347.5），得到了极清晰的原子分辨率成像，后又用该STM研究了大量的石墨表面缺陷电子态图像，终于找到了一处表面原子层完整，但第二原子层正好为边缘区的实例（edge dislocation in the second layer, 简称为EDSL）。这样，当表面原子层跨过下层断层处的台阶时，就形成了层间距连续变化的情形，得到的STM图像从“正常石墨图像”连续过渡到“明暗对超结构图像”，再过渡到“石墨烯图像”，最后过渡到“正常石墨图像”。

陆轻铀课题组为此提出了“集体干涉理论”：上、下层原子都对表面电子波具有散射作用，只是下层中不同位置上的原子的散射强度不同，对应于不同的层间作用因子；所有这些上、下层散射位对表面电子的散射波最后进行干涉，就得到最终的STM图像。该理论不仅模拟出了EDSL的STM图像，还模拟出了其它在缺陷附近测得的新奇STM图像，包括：三段弧O圈超结构（superstructure）图像、Y形超结构图像等。该理论对层状样品STM图像的模拟远比用传统的“密度泛函理论”来模拟要简单的多，并使得用STM来定量研究原子的层间作用、下层的原子缺陷等成为可能。

相关研究结果以“下层原子散射表面电子的扫描隧道显微学证据”Scanning tunneling microscopy evidences for surface electron scattering by underlying atoms”为题，发表于《碳》（Carbon）杂志上。



(a) 石墨表面电子波的集体干涉模型，(b) 表面层和下层的散射势及其在表面层中的总散射势，(c) - (e) 以不同层间作用因子（见(f)）模拟出的石墨 STM 图像，这些图像在石墨缺陷附近都被实际测量到了

三、装置建设、运行与改造

装置建设情况

稳态强磁场实验装置已于 2010 年进入“边建设、边运行”阶段，部分磁体和系统投入试运行，并取得了重要的研究成果，目前，除混合磁体外，其余磁体和系统均完成建设任务。

2014 年水冷磁体 WM5（孔径 50mm）在输入 24MW 电源功率下，获得 35T 的磁场强度，目前国际上在同等大小孔径的水冷磁体上获得的最高稳态磁场强度为 31.2T，因此该磁体为目前国际上相同孔径获得磁场强度最高的水冷磁体装置；水冷磁体 WM1（孔径 32mm），在输入 25.2MW 电源功率下，获得 38.5T 的磁场强度，目前国际上在同等大小孔径的水冷磁体上的最高磁场强度为 37.5T，该磁体创造了 32mm 孔径磁场强度最高的世界记录。



水冷磁体 WM5

稳态强磁场实验装置磁体参数表

磁体名称	编号	磁场强度/T	孔径/mm	电源功率 /MW	目前状态
超导磁体	SM1	8-10T	100	-	调试
	SM2	20	52	-	开放共享
	SM3	20	54	-	开放共享
	SM4	9.4	400	-	开放共享
水冷磁体	WM1	38.5	32	25.2	开放共享
	WM2	25	50	15	调试
	WM3	19.5	200	20	调试
	WM4	27.5	32	10	开放共享
	WM5	35	50	24	开放共享
混合磁体	HM1	45	32	28	在建
		内水冷 34T			
		外超导 11T			

装置运行情况

2014 年，来自国内外高校、科研院所及企业的 40 余家单位共计 277 人利用稳态强磁场实验装置开展了科学研究工作，完成用户课题 251 项。

2014 年用户及课题统计表

	总计	其中		其中					
		院内	院外	大学	研究所	政府机构	企业	国外	其他
申请课题数	275	211	64	106	168	0	1	7	0
完成课题数	251	197	54	93	157	0	1	7	0
用户单位数	40	16	24	22	17	0	1	3	0
实验人数	277	224	53	91	184	0	2	4	0

2014 年各磁体及系统运行机时统计表

主体/系统名称	计划运行时间（小时）		实际运行时间（小时）		维修时间 （小时）	故障时间 （小时）
	有效机时	机器研究	有效机时	机器研究		
水冷磁体 WM1						
水冷磁体 WM2						
水冷磁体 WM3	180	20	130	20	0	0
水冷磁体 WM4						
超导磁体 SM2	5256	1296	5304	1320	0	0
超导磁体 SM3	7536	912	6384	0	48	600
超导磁体 SM4	1746	648	2145	262	168	120
多功能物性测试系统 （PPMS）	6624	240	5928	984	0	192
超导量子干涉仪(MPMS)	7080	240	6720	0	60	720
拉曼光谱仪(Raman)	1696	144	1450	300	24	80
红外光谱仪(FTIR)	1728	360	1690	350	5	10
制冷机低温输运测试系统	1360	344	1488	464	0	0
电子自旋共振谱仪(ESR)	1750	70	1078	71	10	0
X 射线衍射仪(XRD)	1200	60	1215	200	6	50
组合显微测试系统(SMA)	3056	1040	3968	624	0	0
强磁场极低温输运测试系 统	840	336	816	0	0	0

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。

截止 2014 年年底，中国科学院强磁场科学中心共有在职人员 169 人。其中，中国科学院院士 1 名，研究员 31 人，副研究员 36 名，中级 44 名，初级及以下 39 名，博士后在站 12 人，合肥研究院特聘研究员 2 人，外聘专家 1 人，中心特聘研究员 3 人。2014 年中国科学院强磁场科学中心新增的人才项目有：安徽省百人计划 1 人，中国科学院百人计划 5 人，“中国科学院青年创新促进会”会员 1 人，第十届“安徽省杰出青年科技创新奖” 1 人，留学人员科技活动项目 1 项。

中国科学院强磁场科学中心目前在学研究生 102 名，其中博士研究生 45 人，

硕士研究生 57 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	
169	48	99	22	74	56	39	7	9	102	12

五、合作与交流

2014 年度中国科学院强磁场科学中心共接待海外专家 31 人，其中参加学术交流 7 人，参加会议 10 人，合作交流 14 人，2014 年中国科学院强磁场科学中心科研人员出国参加学术会议 9 人，开展合作研究 4 人。

“强磁场下材料物理与生命科学前沿问题”创新国际团队项目获资助

2014 年“强磁场下材料物理与生命科学前沿问题”创新国际团队获得中国科学院和中国外国专家局联合资助，该创新国际团队成员由来自国内的 6 位人员和来自美国肯塔基大学、美国宾夕法尼亚州立大学、美国国家强磁场实验室、美国杜兰大学、美国加州大学等国外单位的 7 位科研人员构成，该团队以强磁场极端条件为牵引，将在强磁场下的材料合成，量子输运与新效应，高场磁共振技术在生命科学中的应用等方面开展科学研究。

2014 年 4 月 15 日，由中国科学院和国家外专局联合资助的“强磁场下材料物理与生命科学前沿问题”创新国际团队项目通过专家组论证。



论证会会场

“强磁场下材料物理与生命科学”研讨会召开

2014 年 6 月 28 日至 29 日，举办了“强磁场下材料物理与生命科学”研讨会，来自国内外著名科研院所和大学的 50 余位专家、学者、研究生参加会议并进行了交流。



“强磁场材料物理与生命科学”研讨会

稳态强磁场实验装置科技委员会召开

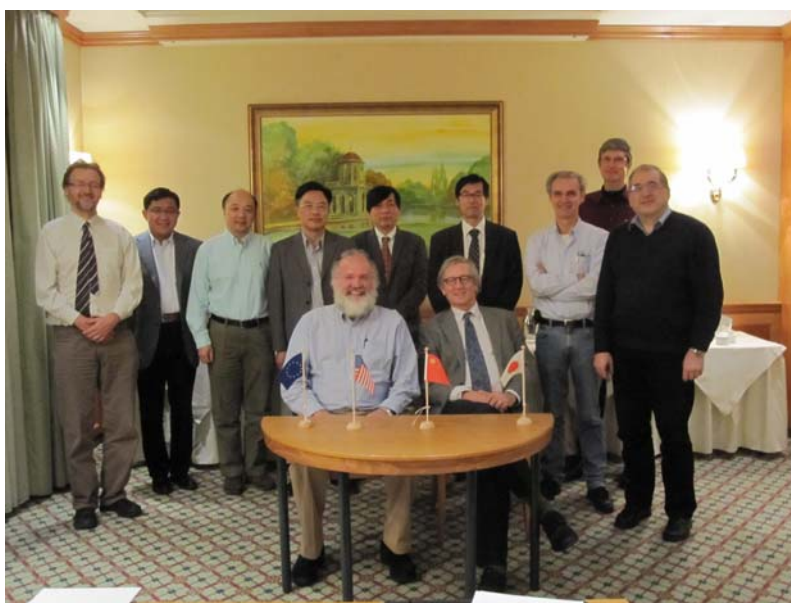
2014 年 10 月 24 日，稳态强磁场实验装置科技委员会召开，科技委员会成员听取了稳态强磁场实验装置建设和运行情况的报告，对稳态强磁场实验装置的发展及未来开展的科学研究工作建言献策。



稳态强磁场实验装置科技委员会会议

匡光力主任受邀参加世界强磁场科学论坛

2014 年 10 月 26 日，稳态强磁场实验装置总经理，中国科学院强磁场科学中心主任匡光力研究员受邀参加了由美国强磁场实验室与欧洲强磁场联合实验室共同发起的世界强磁场科学论坛（Globe High Magnetic Field Forum），会议的议题是建立国家强磁场中心联盟，促进并深化各国强磁场实验室直接的技术交流以及科学成果共享，匡光力介绍了稳态强磁场实验装置建设运行情况，并与其它强磁场实验室人员进行了沟通和交流。



世界强磁场科学论坛

强磁场科学中心第三届国际咨询委员会

2014 年 11 月 1 日至 11 月 2 日，召开了第三届国际咨询委员会会议，来自美、法、德、韩及荷兰等强磁场领域发达国家 10 位国际咨询委员会委员为中国科学院强磁场科学中心的发展建言献策。



国际咨询委员会

与中国科学院理化技术研究所签署合作框架协议

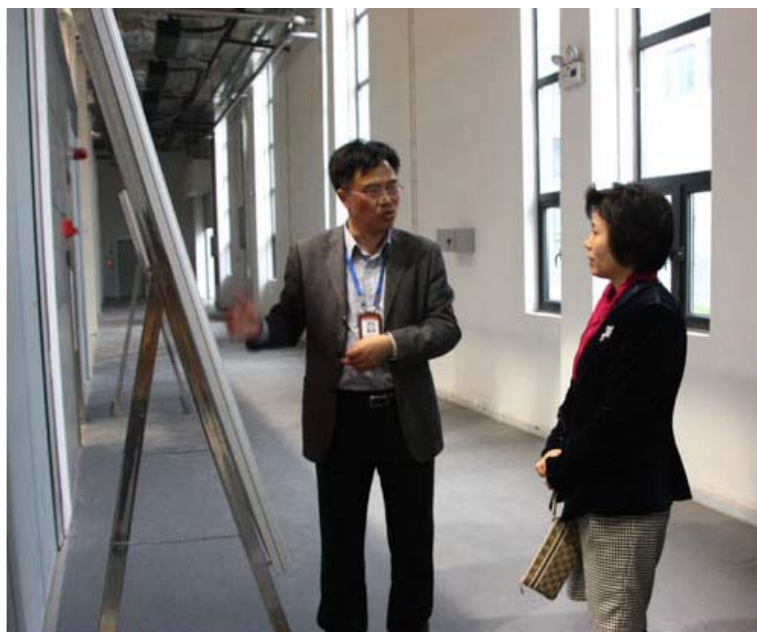
2015年1月6日，中国科学院强磁场科学中心与中国科学院理化技术研究所签署《关于低温制冷技术与应用研究战略合作框架协议》。为推动双方在战略层面的合作，促进双方建立长期深远的合作关系，双方决定进行低温制冷技术与应用研究方面的战略合作，开展项目的联合研发、联合申报以及人员的互访交流，以期在促进各自发展的同时，促进我国大科学工程配套低温技术的跨越式发展。



战略合作框架协议签约仪式

六、大事记

- 4 月 26 日，中国科学院条件保障和财务局副局长聂常虹带队考察强磁场中心；



- 5 月 7 日至 8 日，稳态强磁场实验装置通过院基本运行经费实地审核；
- 5 月 13 日，安徽省委副书记、省长王学军调研强磁场中心；
- 7 月 1 日，中国科学院前沿科学与教育局局长许瑞明调研强磁场中心；
- 8 月 15 日，河北省副省长许宁考察强磁场中心。

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—65591005

传真：0551-65591149

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)

附件一: 2014 年发表论文列表

附件二：2014 年专利、软件著作权列表