



中国科学院合肥物质科学研究院

Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences

前沿科学进展简报

2017 年第 1 期（总第 3 期）

科研规划处

2017 年 2 月 16 日

本期主要内容

近期要闻

- EAST 物理实验实现世界最长稳态高约束模
- 强磁场中心自主研发的混合磁体装置实现 40 万高斯稳态磁场
- 研究院成果荣获 2016 年度国家自然科学基金二等奖

前沿进展

- 等离子体所实现对 EAST 长脉冲高性能运行具有参考意义的运行模式
- 等离子体所研制的大型超导馈线系统完成美方现场集成和验收测试
- 强磁场中心发现压力下材料的拓扑特性外尔半金属物理性质演化规律
- 医学物理中心受邀在 F1000 发表综述文章, 阐述 BH3 类似物在细胞内的两种作用机制

2016 年 SCI 论文发表情况

近期要闻

EAST 物理实验实现世界最长稳态高约束模

在全超导托卡马克装置东方超环（EAST）建成投入运行十周年之际，EAST 第十一轮物理实验于再获重大突破：在纯射频波加热、钨偏滤器等类似国际热核

聚变实验堆 ITER 未来运行条件下,获得超过 60 秒的完全非感应电流驱动(稳态)高约束模等离子体。EAST 成为世界首个实现稳态高约束模运行持续时间达到分钟量级的托卡马克核聚变实验装置。

该研究成果在第 26 届国际原子能机构聚变能大会的首日以特邀报告形式进行了发布。在聚变能大会的总结报告中,负责运行模式总结的国际磁约束聚变资深专家 Yutaka Kamada 高度评价了 EAST 的稳态高约束模等离子体实验,特别肯定了 EAST 在钨偏滤器条件下取得该成果对未来 ITER 的重要意义。EAST 是目前世界上唯一具备这两大特色的且具有长脉冲运行能力的全超导托卡马克,其稳态运行模式将为 ITER 和未来反应堆提供重要参考。

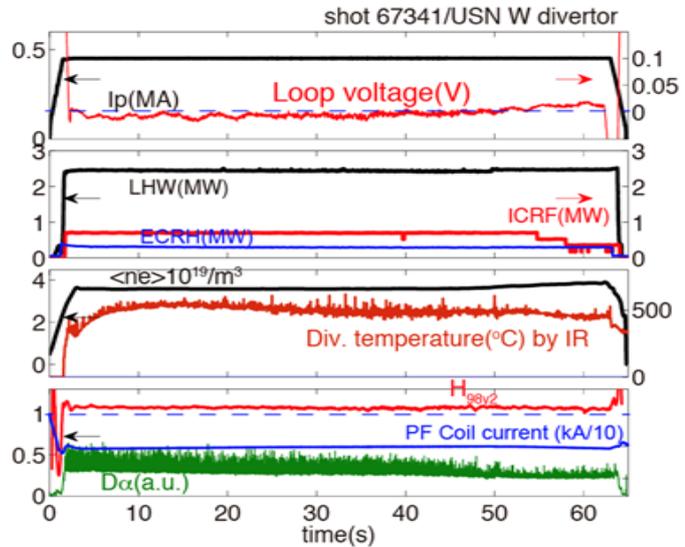


图 1 EAST 超过 60 秒的稳态高约束模等离子体基本参数

强磁场中心自主研制的混合磁体装置

实现 40 万高斯稳态磁场

合肥研究院强磁场中心自主研制的混合磁体装置调试获得圆满成功,实现了任务目标——40 万高斯稳态磁场,其正式成为磁场强度在世界排名第二高的稳态强磁场装置。

该混合磁体装置是合肥研究院强磁场中心承担的国家十一五重大科技基础设施稳态强磁场实验装置项目所包含的九台磁体装置中产生磁场最高的磁体,也是最后研制成功的磁体,此前研制成功的水冷磁体中有三台创造了单项世界纪录。这次混合磁体的调试成功标志着强磁场中心承担的稳态强磁场装置项目的主要任务已经圆满完成,它的研制成功是我国强磁场技术发展的重要里程碑。据悉,混合磁体装置将主要用于新型功能材料的量子行为研究。

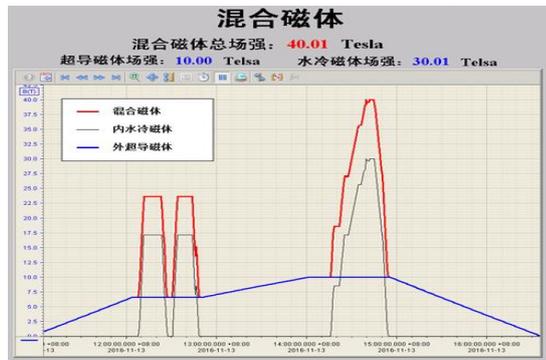


图 2 混合磁体磁场强度趋势图

研究院成果荣获 2016 年度国家自然科学二等奖

——参与完成的项目获国家科技进步一等奖

合肥研究院主持完成的“新型核能系统的中子输运理论与高效利用方法”项目获 2016 年度国家自然科学二等奖;作为参建单位参与完成的“北京正负电子对撞机重大改造工程”项目获国家科技进步一等奖。

“新型核能系统的中子输运理论与高效利用方法”针对复杂系统的中子输运

理论与中子安全利用的关键问题进行了系统深入的研究，发展了支持新型核能系统发展的中子输运理论，在此基础上创新提出了中子数量倍增和能量高效提取的中子利用方法。项目成果获 2009 年度安徽省科学技术（自然科学类）一等奖、2010 年度中国核能行业协会科学技术一等奖和 2010 年度国家能源科技进步一等奖。带动了国内相关学科的发展，产生了重要的国际影响，显著地提高了学科的国际地位。

此外，合肥研究院作为参建单位参与完成的“北京正负电子对撞机重大改造工程”项目获国家科技进步一等奖。合肥研究院在该项目的建设过程中，承担了对撞区超导磁铁三层六维高精度运动支架、储存环超高真空箱体、交叉真空盒、超高真空活动挡块等相关重要任务。在主持完成超导磁铁支架和传动系统的设计、研制、安装、调试等工作中，充分吸收、消化并发展了国内外高精度运动支架研制的最新成果，积极采用自主研发和引进新技术，精心优化设计，确保了建成交付时其总体性能居国际一流水平。

前沿进展

等离子体所实现对 EAST 长脉冲高性能运行 具有参考意义的运行模式

DIII-D&EAST 联合研究团队在 DIII-D 上进行了实验，该实验将 2013 年 DIII-D/EAST 联合实验中测试的高极向比压、高最小安全因子运行模式推广到了具有更高等离子体电流（0.8MA）和更高的归一化聚变性能参数的感应运行模式。

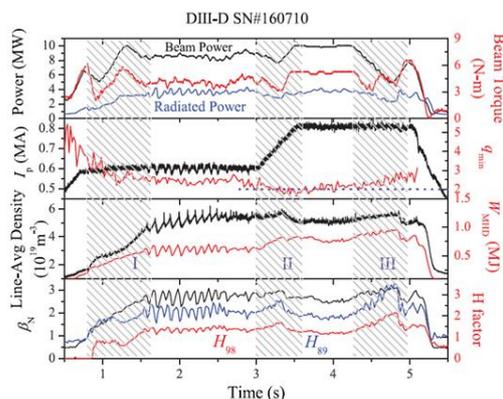


图 3 3 个阴影区域存在 4 个约束增强

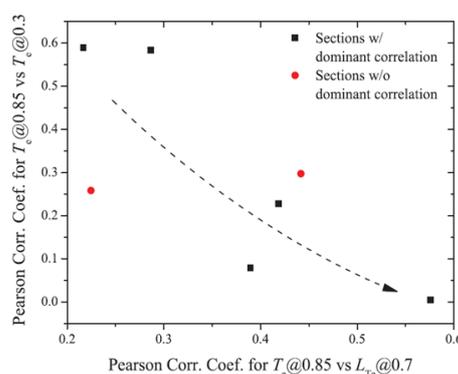


图 4 台基-内部输运垒与台基-芯部的变化相关性

该实验旨在探索最小安全因子大于 2 且具有低扭矩的可外推到 EAST 的长脉冲高性能运行模式，相关论文以“Scenario development for high β_p low torque plasma with q_{min} above 2 and large-radius internal transport barrier in DIII-D”为题发表在核聚变领域顶级期刊 Nuclear Fusion。

该项研究成果是等离子体所长期重视开展国际、国内合作的结晶。得到了浙江大学、美国通用原子能公司、苏州大学、美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室、威斯康星大学麦迪逊分校、以及橡树岭联合大学等国内外合作者的共同参与和大力支持，同时也是 EAST 大科学工程团队团结协作的重要成果。

等离子体所研制的大型超导馈线系统完成美方

现场集成和验收测试

由等离子体所为美国通用原子能公司聚变国家实验室研制的大型超导馈线系统（Superconducting Feeder）在美方顺利完成现场集成和验收测试，成功通过 48.5 千安稳态运行。该系统将用于 ITER 中心螺管线圈测试。

该系统包含一对高温超导电流引线、线圈终端盒，以及超导传输线系统。主要为 ITER 中心螺管线圈测试提供需要的大电流、深低温冷质和测控信号，承担线圈能量的释放与对低温系统保护控制，并完成对线圈运行的全过程测试和控制。该大型超导馈线系统长 10.5 米、高 4.5 米、总重约 30 吨。整个项目涉及机械、电磁、测控、低温、真空、超导等多个学科，工程技术难题多，设计计算挑战大，制造装配工艺复杂，测控数据量大，质量安全等级要求高。测试结果表明：馈线系统低温温度小于 5K、冷屏温度小于 90K，高温超导电流引线的 40K 氦气冷却流量需求约为 0.064g/s/kA，优于 ITER 设计要求的 0.071g/s/kA；5K 回路 4 个接头电阻 < 0.6 纳欧，优于设计要求的 2 纳欧；65K 高温超导接头电阻 < 6 纳欧，优于设计要求的 10 纳欧。



图 5 大型超导馈线系统

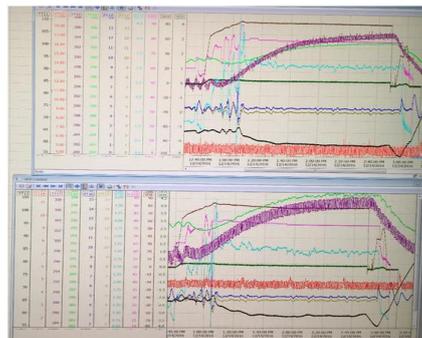


图 6 GA Feeder 48.5 kA 稳态运行

强磁场中心发现压力下材料的拓扑特性外尔半金属

物理性质演化规律

中国科学院强磁场科学中心的杨昭荣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，在拓扑外尔半金属材料 TaAs 的量子序调控研究中取得重要进展，相关结果以“Pressure-Induced New Topological Weyl Semimetal Phase in TaAs”为题，发表在美国物理评论杂志 Physical Review Letter。

研究团队通过理论分析并结合高压下的电输运测量和同步辐射 X 射线衍射等实验手段，对 TaAs 单晶高压下的物理行为进行了详细研究（压力最高达到

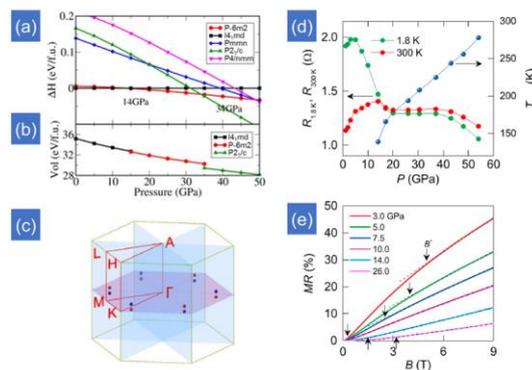


图 7 TaAs 晶胞体积-压力关系、磁阻等曲线

54GPa)。理论预测和实验测量结果一致表明，TaAs 常压四方 I41md 结构中处在两个不同能级上的 24 个外尔点在低压区可以稳定存在。当压力超过 14GPa 后，新的高压六方相 P-6m2 出现。进一步的研究发现，该高压六方相属于一类新型拓扑半金属，它只拥有 12 个外尔点并位于相同能级之上，因而相比于常压相而言能带结构更为简单。卸压同步辐射 X 射线衍射实验结果证实了这个新型拓扑半金属相可以稳定保留至常压，这为以后在常压下进一步研究这个新型外尔半金属相提供了可能。

医学物理中心受邀在 F1000 发表综述文章，阐述 BH3 类似物在细胞内的两种作用机制

研究院医学物理中心戴海明教授和美国梅奥医学院 Scott Kaufmann 教授、X. Wei Meng 副教授应邀在 F1000 上发表综述文章 (Mitochondrial apoptosis and BH3 mimetics, DOI: 10.12688/f1000research.9629.1), 对 BCL2 蛋白质家族的作用机制以及基于 BCL2 蛋白质家族的抗肿瘤药物的研发及临床试验进行阶段性总结，并展望了该领域的发展方向和前景。

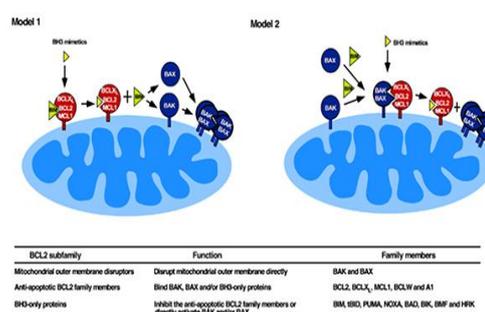


图 8 BH3 类似物在细胞内的两种作用机制

F1000 (Faculty of 1000) 是由美国哈佛大学、英国剑桥大学等数千名全世界国际顶尖的医生和教授组成的国际权威机构，创办于 2002 年。其中的 F1000Research 可以发表开放阅读的文章，文章也通过 3 名以上的同行专家评议，发表后仍将接受同行专家的评议。

2016 年 SCI 论文发表情况

表 1 2016 年 SCI 论文发表情况

单位 \ 分区	一区	二区	其他	合计
安徽光机所	6	20	78	104
等离子体所	2	24	177	203
合肥智能所	18	9	24	51
固体物理所	47	52	77	176
强磁场中心	20	11	26	57
先进制造所	--	2	--	2
医学物理中心	2	3	10	15
技术生物所	4	17	14	35
核安全所	2	--	29	31
应用技术所	18	10	30	58
合计	119	148	465	732