

## 25 超导托卡马克创新团队

聚变能是人类最理想的清洁能源之一，对我国的可持续发展有着重要的战略和经济意义。中科院合肥物质科学院超导托卡马克创新团队长期从事磁约束核聚变研究，针对未来建商业聚变堆所涉及的先进稳态等离子体科技前沿开展攻关，自主设计建造了全超导托卡马克装置和多个大规模实验系统，实现了长脉冲高温等离子体运行，取得了一系列具有国际领先水平的科研成果，为世界聚变科技发展做出了重大创新贡献。

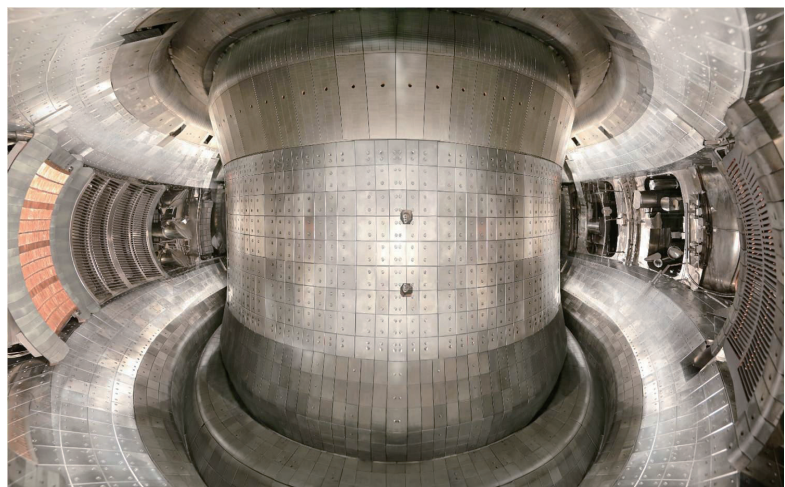
20世纪90年代初，团队引进世界第一个部分超导工程装置托卡马克 T-7，将其改造成能从事长脉冲物理实验的科研装置 HT-7，成为世界上第4个掌握超导托卡马克装置技术的国家，并实现了400秒、电子温度超过1000万度的等离子体放电，创造了世界上最长的限制器位型的长脉冲高温等离子体放电记录。

通过 HT-7 的建设，团队在此技术基础上自主设计、建设、成功运行了世界上首台全超导非圆截面托卡马克核聚变实验装置 EAST，为我国乃至世界搭建了一个全新的核聚变研究实验平台。针对未来 ITER 400 秒高参数运行的关键科学技术问题，在 EAST 上开展了全面的实验研究，已成功实现了411秒、中心等离子体密度大于  $2 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ 、中心电子温度大于2000万度的高温等离子体，使我国超导托卡马克研究走在世界的前沿，成为世界稳态等离子体聚变研究最重要的基地。

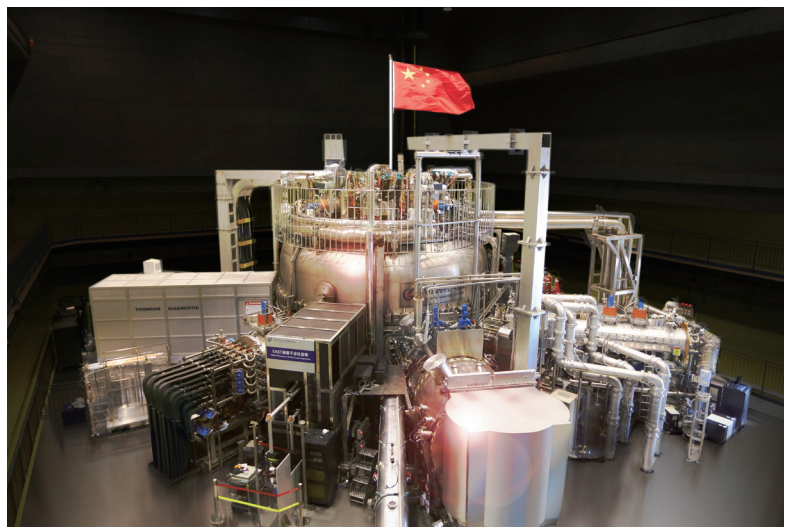
团队努力争取我国参加的最大的国际合作项目——国际热核聚变实验堆（ITER）所承担的制造任务，推翻了原ITER电源、超导馈线等重大系统和部件的不合理设计，以新的设计方法及经过实验验证的技术，证明了中国设计的正确性与合理性，并被 ITER 国际组采纳。团队实现了一系列聚变堆制造技术的突破，ITER 大电流超导体实现100%国产化，其性能位居 ITER 各方之首；自行设计研制的 ITER 高温超导大电流引线成为 ITER 7 方中首

个通过测试验收的 ITER 原型件，其性能指标居世界领先水平。在整个团队的拼搏努力下，使得中国 ITER 采购包的研制进展已然跃居在 ITER 7 方的前列。

团队现有固定成员350人，目前，已成为世界聚变科技领域中最重要团队之一，多人在国际聚变领域担任领衔或重要的职位。团队一直瞄准世界核聚变科学前沿和国家对战略能源的需求，多年来，以大科学工程为依托，承担多项国家、中科院及国际重大科研任务，主要创新成果曾获得2008年国家科技进步奖一等奖、1998年



东方超环（EAST）内部结构示意图



东方超环（EAST）装置示意图

中科院科技进步奖一等奖，入选为2003年度、2006年度“中国十大科技进展”等。本团队先后获得中央授予的“全国先进基层党组织”、“中科院创新文化先进团队”、华人物理学会颁发的“亚洲杰出成就奖”、“中科院杰出科技成就奖”及“中国科学院先进集体”等多项奖励。2013年度，团队被授予国家科技进步奖框架下的创新团队奖。

超导托卡马克创新团队的工作使我国超导托卡马克聚变研究走在世界的前沿，EAST现已成为世界托卡马克聚变研究平台和研究中心，为我国全面参与ITER重大国际合作计划创造了良好的条件，也为ITER的建设及聚变能的发展做出了重要贡献。目前，该团队正在积极开展我国下一代超导聚变堆的设计和预研，努力为聚变能应用做出自己最大的贡献。

## 专家点评

聚变能源的研究和开发将有望彻底解决能源问题，对于我国的可持续发展有着重要的战略和经济意义。但实现聚变能的利用困难巨大，超导托卡马克需将上亿度高温等离子体在 $-269^{\circ}\text{C}$ 低温超导强磁场等约束下，如何稳定持续维持是国际聚变研究至今尚未解决的难题之一，尚待长期攻关解决。超导托卡马克团队由中科院等离子体所长期从事磁约束核聚变的科研工程技术成员组成，团队主要成员都是活跃在一线的知名学者。20多年来他们配合默契，发挥自力更生、艰苦奋斗，有条件要上、没有条件创造条件也要上的精神，边建设、边研发，解决了一系列关键技术问题，形成了一系列的技术生长点，独立设计建成国际第一个全超导托卡马克EAST，并做出多项在国际上领先的、有自己特色的成果。超导托卡马克团队参加ITER项目，推翻了原ITER电源、超导馈线等重大系统和部件的不合理设计，实现了一系列聚变试验堆制造技术的突破，超导体性能位居ITER各方之首。其主要成果曾两次被两院院士评为“中国十大科技进展”。

## 点评专家

**潘 垣** 工程院院士，磁约束聚变技术、脉冲功率技术专家。华中科技大学教授、博士生导师。1955年毕业于华中工学院电力系。主要研究方向：超导电力、脉冲功率技术、等离子体物理与核聚变技术。中国最早从事核聚变研究的主要成员之一，也是中国核聚变电磁工程和大型脉冲电源技术的主要开拓者。获国家奖一等奖1项，院部委一等奖2项。

**陈森玉** 工程院院士，中科院高能物理所学术委员会主任。我国高能加速器领域的学术带头人。1964年毕业于清华大学。1982—1990年，参加北京正负电子对撞机（简称BEPC）工程的建设，是该工程的主持人之一。1986—1990年任BEPC工程副经理，协助经理对

工程的技术、质量、进度和投资全面负责。在BEPC建造过程中，负责并有创新性地完成BEPC储存环的理论设计，主持储存环的加工制造、安装和调试，在我国首次建成BEPC储存环。他主持了工程的总体调束，突破了国际上现行的理论指导调束，从而在很短的时间里实现了BEPC的性能，在聚物理能区处于世界领先地位，使我国在国际高能物理领域占有一席之地。1995—2001年，主持并出色地完成了上海同步辐射装置工程的可行性研究、初步设计和预制研究工作，为工程的建设奠定了坚实的基础。1989年获中科院科技进步奖特等奖，1990年获国家科技进步奖特等奖和国家级有突出贡献中青年专家称号。