

招生宣传手册



等离子体物理研究所计算机应用研究室
Division of Control and Computer Application

招生联系人：袁旗平

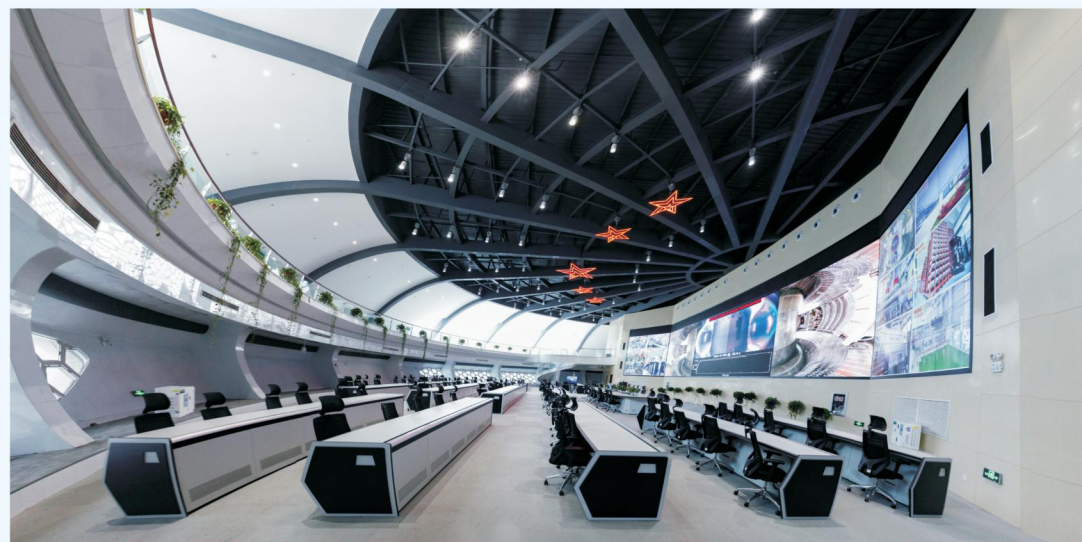
招生联系人：陈颖

电话：0551-65591354

电话：0551-65592779

邮箱：qpyuan@ipp.ac.cn

邮箱：cheny@ipp.ac.cn



中国科学院等离子体物理研究所
计算机应用研究室

Division of Control and Computer Application

计算机应用研究室简介

等离子体物理研究所计算机应用研究室（七室）以服务国家大科学装置东方超环EAST（Experimental Advanced Superconducting Tokamak）及未来聚变堆的控制、网络安全、数据采集及存储为使命，为全所提供IT、计算及虚拟现实等信息技术服务，积极拓展控制和数据采集在其他领域的应用，并在相关专业方向上培养研究生。

本室拥有一支老中青相结合的生气勃勃的高水平研究队伍，共有职工28人，其中：院士1人、研究员5人、副研究员15人、助研及以下4人，博士后3人，在读研究生50余人。研究方向包括：等离子体控制系统、控制算法、中央控制系统、数据采集、数据与信息服务、装置及数据可视化、电磁测量系统、信号处理系统、高速可见光诊断系统等。本室承担了EAST控制和数据采集课题、EAST电磁测量与信号处理课题、CRAFT聚变堆主机关键系统综合研究设施总控系统、国家磁约束聚变能专项项目、国家自然科学基金项目、ITER采购包项目等。同时，与地方企业合作，实现了科研技术成果的转移转化，提升了合作企业的实力，取得了良好的业内口碑。



导师介绍



李建刚 中国工程院院士，博士生导师

【主要研究领域】：

等离子体物理
实验和工程技术
等离子体与材料相互作用
反应堆物理设计与关键工程技术



沈 颀 研究员，博士生导师

【主要研究领域】：

等离子体物理
电磁测量
信号处理
高速可见光诊断



肖炳甲 研究员，博士生导师

【主要研究领域】：

等离子体控制及托卡马克集成控制
数据采集与可视化
先进控制理论与方法
实时系统和网络以及高性能计算



王 枫 研究员，硕士生导师

【主要研究领域】：

计算机应用
电子信息
大数据存储与分析
网络与数据安全



袁旗平 研究员，博士生导师

【主要研究领域】：

计算机应用
电子信息
等离子体控制系统
控制算法
数字孪生



张祖超 副研究员，硕士生导师

【主要研究领域】：

计算机应用
电子信息
中央控制系统

导师介绍



罗正平 副研究员，硕士生导师

【主要研究领域】：

等离子体控制仿真模拟
计算机应用
电子信息



王勇 副研究员，硕士生导师

【主要研究领域】：

计算机应用
电子信息
信号处理



李实 副研究员，硕士生导师

【主要研究领域】：

计算机应用
电子信息
数据采集



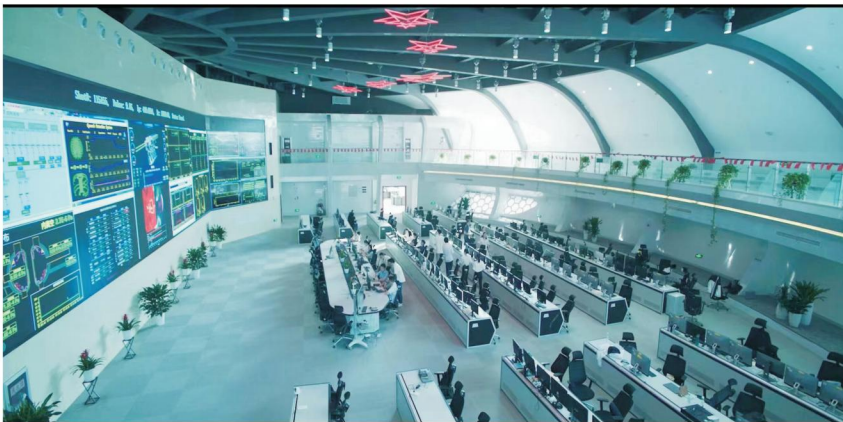
研究方向简介

本室围绕国家大科学工程EAST全超导托卡马克装置、CRAFT聚变堆主机关键系统综合研究设施及未来聚变堆的控制运行，将计算机技术应用于装置安全运行及实验的各个方面。

研究方向包括：

- 等离子体控制系统
- 控制算法
- 中央控制系统
- 数据采集
- 数据与信息服务
- 装置及数据可视化
- 电磁测量系统
- 信号处理系统
- 高速可见光诊断系统

.....

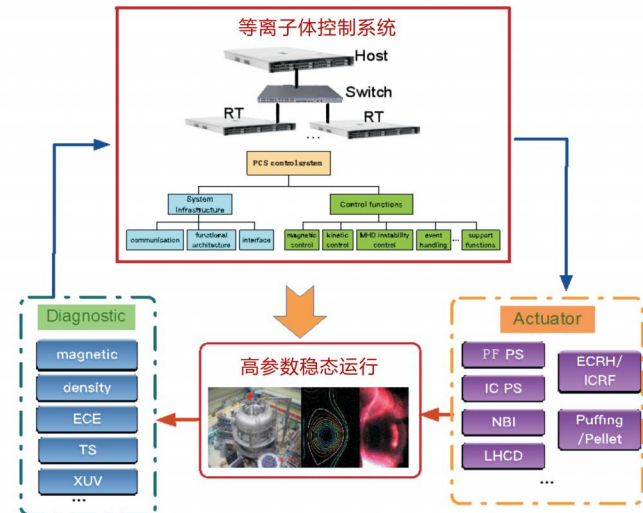


➤ 等离子体控制系统

等离子体控制系统PCS(Plasma Control System)是聚变装置的“大脑”，在获取等离子体参数诊断信息的基础上，运行控制算法得到所需线圈电流、充气阀门电压、加热功率等，调节电源系统、加料系统及辅助加热系统实现等离子体参数的反馈控制。PCS控制整个等离子体放电过程，并提供异常检测、处理以确保装置安全。

EAST等离子体控制系统从2005年投入使用，经过了近20年的发展，成为了EAST高参数稳态运行的高水平控制平台。2009年、2012年、2014年、2018年分别获得了国家磁约束聚变能专项经费的支持，使得EAST的等离子体控制技术及其系统实现了从无到有、从有到精、再到自主可控的发展，为EAST 1MA等离子体放电、千秒量级长脉冲高约束模运行等一系列世界纪录和物理成果的获得提供了重要的控制保障。

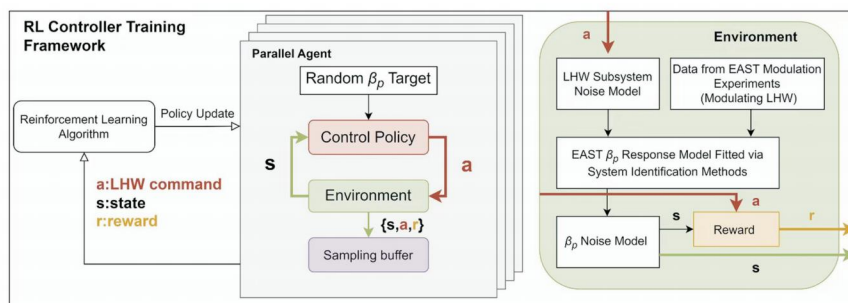
此外，面向未来聚变堆研发的自主等离子体控制系统已在2023年首次在EAST实现应用。该系统具有100微秒的最短控制周期、超24小时稳态运行能力，具备先进等离子体磁控制、动理论控制、等离子体异常检测及处理等功能。目前该系统已服务于EAST等离子体控制运行，等离子体电流控制误差小于1%，位形控制精度达到毫米级，达到了国际领先水平，该完全自主知识产权的等离子体控制系统入选了2025年中国科学院重大科技基础设施成果。



► 控制算法

等离子体是非常典型的复杂非线性物理系统，其内在物理机制包含从微观粒子碰撞到宏观磁流体输运等不同时空尺度的效应，因此等离子体控制的难度远高于一般机械结构的控制模式，需要考虑并解决等离子体当中广泛存在的非线性物理过程以及不同受控参数间的解耦，在常规自动化控制原理基础上“量身定制”面向复杂非线性受控对象（等离子体）与大型综合体（磁约束聚变装置）的控制方法与控制模式，为实现聚变发电发挥不可替代的作用。

课题组在系统辨识、算法开发、仿真模拟及控制实验的全流程当中积累了丰富的研究经验。研究团队深耕等离子体控制领域，在电磁控制、长脉冲稳态放电运行、多输入多输出控制、脱靶与边界物理参数控制、不稳定性控制与破裂预测&防护等多个研究方向取得了重要研究成果，为EAST千秒稳态长脉冲高参数运行的实现奠定了坚实的技术基础。自主开发了基于GPU并行计算的等离子体实时平衡重建程序HPFIT，在计算精度和速度上相比国际上同类型程序有显著优势，不仅应用于EAST常规运行实验中，还推广到美国DIII-D装置用于离线快速数据分析，并被ITER选为放电模拟及控制系统设计中高精度实时等离子体平衡重建解决方案。近年来，课题组还在先进控制器开发、AI for plasma control等领域持续发力，先后在EAST上落地了多任务学习破裂预警算法、神经网络自适应控制、多模型强化学习控制器等。首次将垂直位移增长率控制提升至1000/s量级以上，率先实现了对边界中性粒子再循环的反馈控制能力，有效提升了对关键等离子体参数的控制能力。

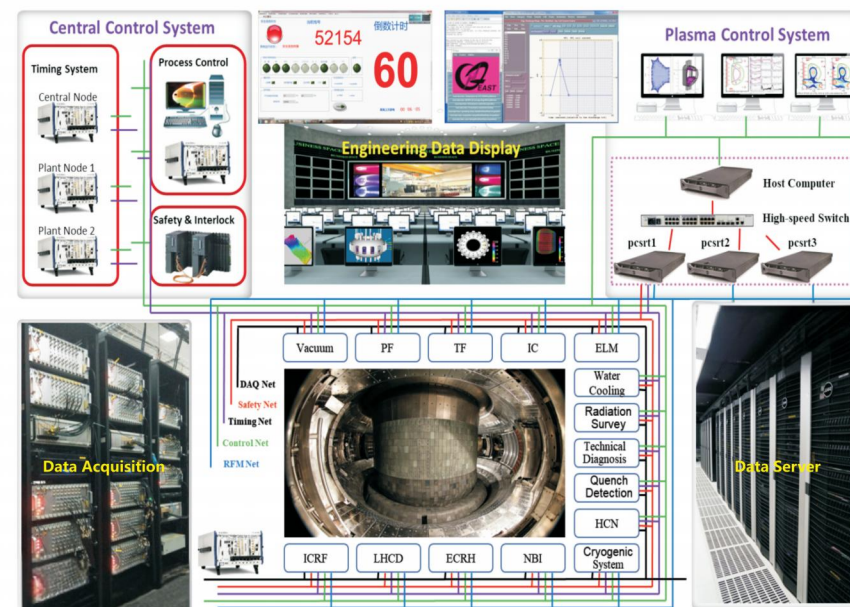


► 中央控制系统

中央控制系统作为CODAC（Control, Data Access and Communication）的重要组成部分，与等离子体控制系统、数据采集系统、数据与信息服务系统等协同工作，保证装置稳定运行。

中央控制系统为实验运行人员提供友好的人机交互接口，包括：放电过程控制、安全联锁、定时同步等模块，负责实验期间放电管理与逻辑控制、子系统调度与状态监控、事件巡检及保护响应等，为实验装置的稳定运行提供逻辑保障。

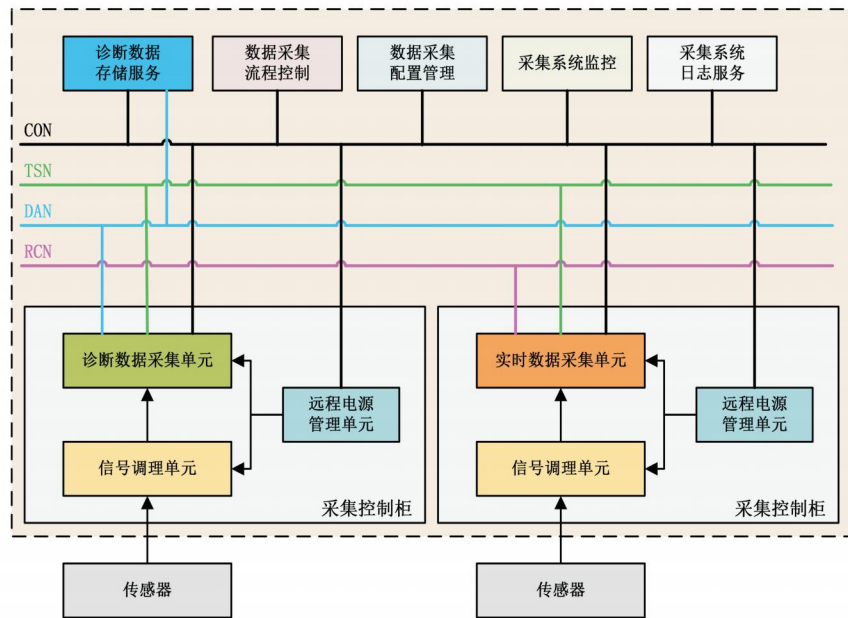
目前中央控制系统监测电源、真空、波加热等16个关键子系统，巡检周期可优于10 μs；可提供至少300路独立触发通道，单节点同步精度优于10ns。中央控制系统稳定可靠，相关技术已成功部署到中国科学技术大学KTX、华中科技大学HFRC、泰国核技术研究所TT-1等装置上，系统长期运行稳定，故障率为0。



► 数据采集

数据采集系统在托卡马克实验中为各诊断系统提供长脉冲准稳态分布式的数据采集，并将诊断数据传输到数据存储服务器中进行集中式长久存储，为研究人员的离线分析提供数据源。目前有65套采集节点分布于EAST实验区域不同位置，为各诊断系统提供4000多通道的同步采集。采集节点可根据不同诊断的需求进行定制，支持使用多种类型采集卡硬件和信号调理设备，可实现不同采样率要求（采样率范围：1Hz-1GHz/通道）。

课题组开展了针对托卡马克诊断数据采集的分布式高采样率同步数据采集、大数据量传输、数据存储及发布等关键技术和科学问题研究，研发了具有自主知识产权的通用分布式数据采集系统，在EAST实验中稳定可靠运行，并应用在中国科学技术大学KTX、泰国核技术研究所TT-1等装置上。



► 数据与信息服务

EAST数据与信息服务系统向各系统提供网络通讯、数据存储、数据服务、集成显示、用户管理等数据与信息服务相关功能支持，以保障EAST实验平稳高效运行。

系统目前有3个标准化数据机房，总面积约300平米，100个标准机柜；实验网络核心带宽100Gbps/40Gbps，接入带宽10Gbps，各类交换机设备约80台，各类数据服务器约100台套；主数据存储带宽10GBytes/s；总数据量超过2000TB，每年新增数据约200TB；系统总用户数超过1200个。

课题组针对托卡马克装置稳态运行的需求，开展了海量数据快速访问与处理相关研究。设计实现了异构数据源的统一数据访问方法，并充分利用大数据和云计算技术，构建了集成数据访问平台。系统运行稳定可靠，为国内外用户提供7×24小时数据访问服务。



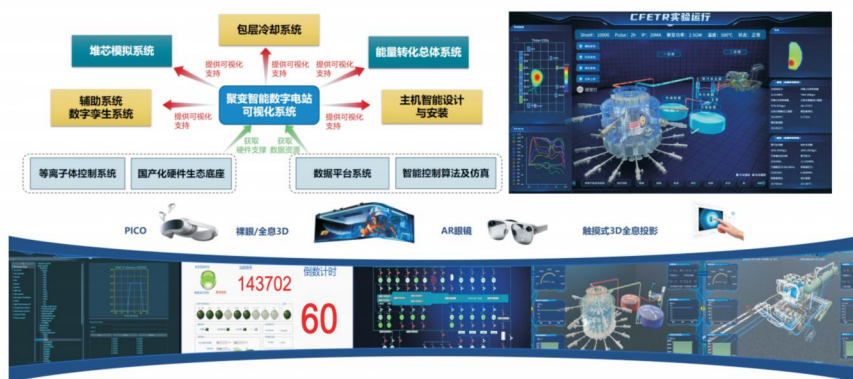
➤ 装置及数据可视化

装置及数据可视化系统集成智能数字电站可视化、三维虚拟装置及数据可视化、实验大屏幕显示等功能于一体，打造集成化、交互式、多场景的专业可视化平台。该平台以聚变装置全流程数字化为核心，为聚变实验高效稳定运行提供坚实支撑与直观展示。

智能数字电站可视化系统，通过搭建覆盖各子系统的聚变堆集成化中央控制系统，以及堆芯与关键子系统的数字仿真、数字孪生体系，实现聚变堆控制与仿真系统的闭环联动运行。依托聚变堆全要素数字可视化模型，三维动态呈现装置在实时工况、历史状态及仿真环境下的运行细节，为装置管控提供精准直观依据。

三维虚拟装置及数据可视化系统，一方面搭建沉浸式虚拟部件装配研究平台，支撑聚变装置虚拟装配相关科研工作；另一方面可开展EAST实验数据可视化算法验证与显示效果测试，助力数据呈现能力持续优化。

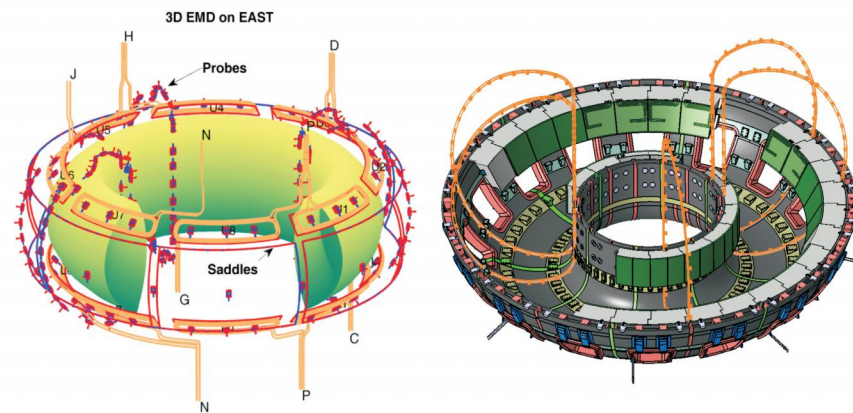
实验大屏幕显示系统由76m²小间距LED屏、48台液晶显示屏及1套条屏组合构成，配备HDMI、HDBASE、DVI三类共计48个接口，可全面满足EAST实验各系统接入需求。目前已接入24个子系统，集中展示等离子体位形、关键运行参数、可见光相机图像，以及真空、低温、水冷、安全连锁、诊断等核心实验信息，为科研人员提供7×24小时一站式集中展示与决策支撑平台。



➤ 电磁测量系统

电磁测量是托卡马克等离子体研究基础诊断，是装置的“神经网络”，在实验过程中，运行人员需要持续追踪磁场的变化。通过“解读”这些磁场信号，可以帮助实时理解和控制等离子体的行为。电磁测量主要应用于装置安全运行监测和等离子体边界平衡重建；等离子体磁流体不稳定行为研究，包括等离子体约束、不稳定性、等离子体破裂行为等。

课题组依托EAST装置，自主发展了高精度电磁测量系统，支持实现千秒亿度等离子体运行。课题组致力于发展面向聚变堆环境的先进电磁传感器关键技术研发，如光纤/光栅传感器、霍尔传感器、低温共烧陶瓷传感器等，同时发展信号故障监测与处理算法、基于人工智能算法的等离子体不稳定性、破裂研究应用。课题组正在与国内外研究单位进行广泛合作交流，并承担国家重点研发项目、国家自然科学基金课题、ITER国际测试合同。

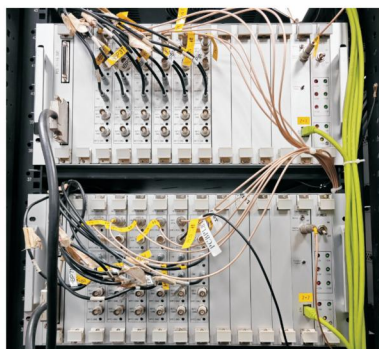


➤ 信号处理系统

托卡马克装置实验时周围电磁环境恶劣，存在超大电流、超高电压和超强电磁场，信号处理系统在托卡马克实验中确保信号正确处理和可靠传输，设备正常工作，不受电磁干扰影响。

课题组根据装置实验需要，研制了各类积分器、放大器、隔离器等设备。课题组开展了长时间积分器研究，研制的低漂移模拟积分器保障了EAST装置千秒亿度实验，下一代数字积分器正在测试中。课题组开发了光纤信号传输系统，能够用于传输数字信号和模拟数字信号，数字信号带宽100MHz，模拟信号带宽10MHz，保障了信号的可靠传输。

另外，课题组开展了EAST装置周围电磁干扰的测量，搭建了6GHz带宽的稳态电场测量系统和20MHz带宽的瞬态电场测量系统。课题组还开展了电磁干扰模拟工作，搭建了一套由GTEM小室搭建的电磁干扰模拟系统，可以对设备进行相应的测试和整改。



积分器系统



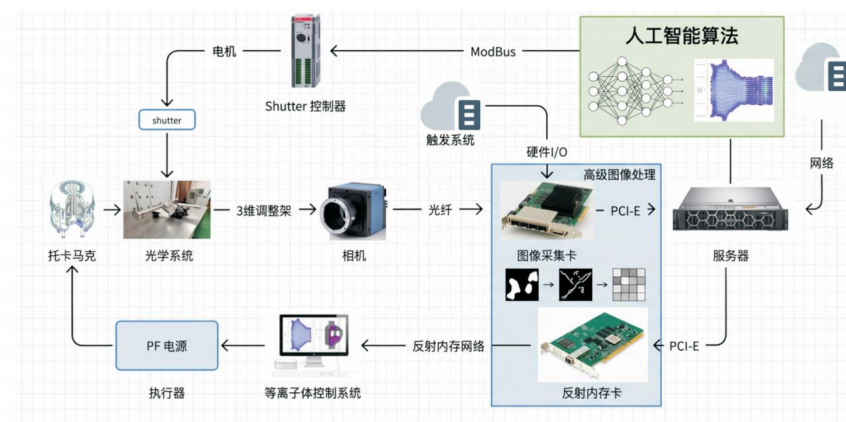
由GTEM小室搭建的
电磁干扰模拟系统

➤ 高速可见光诊断系统

可见光诊断是磁约束核聚变领域的核心诊断技术，本课题组长期聚焦托卡马克装置高速可见光相机诊断前沿方向，致力于高时空分辨诊断技术的研发与工程化落地。团队自主搭建高速可见光成像诊断系统，全面开展光学设计优化、高精度相机标定、高速图像采集及实时图像处理等全链条关键技术研究，为聚变等离子体物理实验提供精准、高效的观测支撑。

课题组将人工智能技术深度融合入聚变诊断图像处理，针对聚变实验产生的海量时序图像数据，开展多模态深度学习算法研究。通过构建专用神经网络模型，实现等离子体边界智能识别、Hotspot 热点检测、杂质行为追踪、MARFE 等聚变异常事件的实时监测与快速预警，大幅提升诊断数据的分析精度与异常响应速度。

研究紧密服务于EAST 全超导托卡马克等国家大科学装置实验，为等离子体约束性能改善、等离子体位形精准控制、长脉冲高参数稳定运行提供核心诊断数据与技术保障。





交流与合作

本室与国内外知名高校和研究机构建立了良好的合作交流关系，例如清华大学、中国科学技术大学、华中科技大学、浙江大学、大连理工大学、哈尔滨工程大学、核工业西南物理研究院等国内科研团队，法国原子能署CEA、意大利国家核研究院ENEA、瑞士洛桑联邦理工学院EPFL、英国卡拉姆聚变能研究中心CCFE、美国通用原子能公司GA、普林斯顿大学PPPL、日本国立聚变科学研究所NIFS等国外知名研究机构。



访问意大利图西亚大学



合作伙伴来所访问

在中欧合作框架(EU-CN)下，联合开展了EAST/BEST/CFEDR先进偏滤器位形设计、模拟和放电控制实验研究工作，通过长期的深入合作，在EAST装置上实现了高约束、准稳态、准雪花偏滤器位形脉冲达200s的长脉冲等离子体放电，与瑞士EPFL TCV装置、法国CEA合作开展动理论剖面控制模拟与人工智能应用研究、实时剖面控制研究，基于非线性控制模型的控制功能在EAST实验中得到了初步验证。相关研究成果发表在各大学术期刊和学术会议上，成果丰硕。本室鼓励职工与学生积极参加学术会议和交流访问，有机会与国内外合作单位联合培养学生或者博士后。