

加强国际合作 实现跨越发展

何友珍*

(等离子体物理研究所 合肥 230031)

关键词 等离子体物理研究所, 国际合作

能源问题是人类可持续发展的战略问题。大量科学探索证明, 无限的聚变能将是人类最理想、最清洁、最安全的新能源。

等离子体物理研究所(下称等离子体所)主要从事高温等离子体物理和受控热核聚变及相关高新技术研究, 以探索、开发、解决人类洁净的新能源为最终目的。在探索新能源的过程中, 等离子体所通过广泛深入的国际合作, 取得了显著成效。HT-7 超导托卡马克装置实验取得重大突破, 等离子体放电时间长达 63.95 秒, 为未来聚变反应堆做出了中国聚变界的重要贡献。在聚变能的开发研究中, 目前磁约束核聚变研究已处于世界领先地位。正在建设的国家大科学工程“HT-7U 超导托卡马克核聚变实验装置”如能在 2005 年建成, 将是世界上第一个全超导非圆截面大型托卡马克装置, 能从事近堆芯高参数条件下稳态等离子体研究。HT-7U 的建成将使我国该领域的研究在国际上居重要地位。

1 加速研究基地建设, 促进研究水平提高

受控热核聚变是综合性大科学, 研究工作需要借助先进的仪器设备和实验装置, 建立一定规模的研究基地。等离子体所先后建造了 HT-6B 和 HT-6M 中小型托卡马克装置, 取得许多研究成果, 特别是在外加螺旋场实验、波加热实验、双波协同实验等方面达到国际水平。

为提高国际竞争力, 等离子体所走国际合作之路, 加强引进技术的消化吸收和集成创新, 实现跨越发展。1991 年, 等离子体所与俄罗斯库尔恰托夫原子能研究所合作, 于 1994 年 5 月改建成 HT-7 超导托卡马克装置, 并于同年年底工程调试一次成功, 使我国成为世界上第四个拥有超导托卡马克装

置的国家, 为我国核聚变研究进入世界前沿奠定了基础。HT-7 装置采用可稳态运行的超导纵场磁体系统, 直接瞄准国际核聚变研究的重要前沿领域。经全所科研人员不断努力与创新, 许多关键性技术取得重大突破, 创造性地开发了射频清洗技术、新型壁处理技术等。在近一轮实验中, 实现了在中心等离子体密度大于每立方米 2.2×10^{19} 条件下, 最高电子温度超过 5 000 万度的放电; 获得放电脉冲长度大于 60 秒、中心电子温度接近 500 万度、中心密度大于每立方米 0.8×10^{19} 的、可重复的非感应全波驱动的高温等离子体放电; 实现了在高约束模式下等离子体存在时间约为 220 倍能量约束时间的放电。这是目前世界各大装置在近几年内很难达到的实验结果。HT-7 装置已成为对国内外全面开放的、世界上第二个可进行高参数稳态条件下等离子体物理研究的实验平台。

在 HT-7 物理实验取得重大进展的基础上, 等离子体所又将目标定在更高、更新的研究领域, 决定建造一个更加先进、能从事近堆芯高参数条件下稳态等离子体研究的大型非圆截面全超导托卡马克核聚变实验装置 HT-7U。这一计划得到国家支持, 1997 年列入国家“九五”重大科学工程项目。该装置目前正处在全面建设阶段。等离子体所于 2002 年成立 HT-7U 国际顾问委员会, 26 位世界一流聚变研究专家被聘为顾问委员会成员, 对 HT-7U 装置的关键技术提出了许多有益的建议。HT-7U 装置的建成将为“国际热核实验堆 ITER (International Thermonuclear Experiment Reactor)”的物理和相关技术提供重要的实验平台, 为我国在核能领域研究的飞跃发展提供坚实的基础。

* 等离子体物理研究所人力资源主管, 工程师

收稿日期: 2003 年 4 月 11 日

2 促进聚变研究学科迅速发展

与国际一流聚变机构进行合作研究,不仅使等离子体所的研究水平直接与国际前沿接轨,而且促进了聚变研究学科的迅速发展。

俄罗斯不仅是世界上最早研究核聚变的国家,而且核物理和核技术一直居国际先进水平。HT-7 建成后,等离子体所进一步发展与俄罗斯的合作,从装置的建设拓展到装置的高参数准稳态运行、电子回旋诊断与实验、托卡马克第一壁材料、超导电缆、等离子体诊断及小球注入系统等项目上的合作。1997 年,与制造弹丸注入器世界一流水平的圣彼得堡综合大学合作研制八管氢冰弹丸注入器,建成等离子体所第一套多发弹丸注入系统,有效地改变了 HT-7 实验等离子体参数的分布。1998—2000 年,与库尔恰托夫原子能研究所合作研制 2mm 电子回旋诊断系统和激光汤姆逊散射诊断仪,建立了超高宽带 3mm 和 2mm 的全频带电子回旋辐射信号接收、传输系统以及激光汤姆逊散射诊断系统,精确测量 HT-7 高参数放电等离子体条件下电子温度时空分布,监测超热电子性质。这三大系统的建成,为研究 HT-7 先进运行模式和高参数实验提供了重要手段。2001—2002 年又与该所超导专家合作,成功建成一条 600m CICC (Cable In Conduit Conductor) 超导体生产线并生产出第一根质量达到要求的 600m CICC 超导体。这条居亚洲第一、世界第二的超导体生产线,是生产超导体的关键设备之一,现正为 HT-7U 装置批量生产。目前只有少数国家掌握此项技术。

电子回旋加热是目前聚变研究前沿重点课题之一,目前只有美、德、日、俄四国掌握复杂的 110GHz 电子回旋管和加热技术。美国得克萨斯大学聚变研究中心(FRC)在托卡马克电子回旋加热及边界诊断等研究方面居世界一流水平。等离子体所在与 FRC 多年合作的基础上签订合作协议,FRC 提供 110GHz 电子回旋加热系统和先进的诊断设备,经改进后安装到 HT-7 装置,双方在该装置上进行“超导托卡马克联合研究”。1997 年 6 月,等离子体所派科研小组赴美学习;FRC 先后派科学家近 400 人·日参加 HT-7 物理实验研究。通过与 FRC 的合作,不仅使 HT-7 物理实验诊断和有关电子回旋

共振的实验研究进入国际前沿,而且使等离子体所在物理领域进行的更多前沿热点课题如托卡马克边界物理、湍流输运等研究得以开展,对拓展 HT-7 物理实验研究领域具有重要作用。

德国卡尔斯鲁厄研究中心技术物理研究所低温超导研究世界领先。等离子体所先后派出 4 名科研骨干到该所学习低温制冷及超导技术,引进大型氦制冷机,无偿使用 30KA 气冷超导磁体电流引线,为 HT-7U 的低温系统超导磁体大电流引线的设计提供了有益的借鉴。国际著名低温工程专家、法国液空公司总工程师 G.Gistau 于 2000 年 10 月应邀来所评估 HT-7U 低温系统设计方案,在低温系统的制冷量确定、低温系统自动控制和螺杆压缩机的制备等方面提出了大量宝贵建议,促进了等离子体所大型低温超导磁体技术学科的迅速发展。

法国卡达拉歇聚变研究中心超导托卡马克 Tore-Supra 装置是目前世界上运行最好、高温等离子体放电时间最长的大型超导托卡马克装置,在驱动电流和波加热研究方面独树一帜。等离子体所与该所“在法国 Tore-Supra 与中国 HT-7、HT-6M 超导托卡马克离子回旋加热研究”的合作项目得到欧盟科研总司的经费支持,等离子体所 7 位科研人员在法国 Tore-Supra 装置上进行长期合作研究,使等离子体所驱动电流和波加热研究进入国际前沿。

日本是世界上第三个拥有超导托卡马克装置的国家,等离子体物理与核聚变研究各学科发展迅速。等离子体所与日本国立聚变研究所在中国科学院与日本文部省、日本学术振兴会支持下,已进行长达十余年的友好合作,多次签订聚变研究合作项目,双方交流人数每年达 30 多人次,在离子回旋共



国际聚变界专家参观 CICC 超导体生产

振加热、高温等离子体诊断、数据采集和处理、等离子体与器壁相互作用、等离子体理论与数值模拟、聚变堆概念设计、超导磁体设计及射线管理等项目上均有合作研究。双方在 HT-7 装置、HT-6M 装置及日本的 CHS 装置、LHD 装置上共同实验,取得了大量研究成果。

此外,等离子体所每两年举办一次等离子体物理与受控热核聚变研究领域国际学术会议,每年举办 1—2 次小型国际专题学术研讨会,积极参加国际聚变界重要学术会议。一支由中、俄、美、欧、日等国优秀科学家组成的“国际联合小组”在 HT-7 装置上开展实验,对不同的课题进行合作研究,从不同角度和不同学科来分析、讨论实验结果,促进了等离子体所受控热核聚变研究学科更全面的发展。

3 培养造就创新队伍

等离子体所十分重视人才培养,努力发现和创造各种机会,围绕聚变大科学各专业,先后派遣 900 多人次科技人员出国交流,其中长期工作、学习的青年骨干达 200 多人次,回归率达 75%以上。他们在国外进行前沿领域研究,学习先进科学技术和管理方法,回国后勇挑重担,发挥学术带头人和学术骨干的作用。

等离子体所现任和历任所领导及研究室主任均在国际一流聚变研究机构工作、学习过,参加过大型国际合作与交流项目。他们建立了良好的国际合作关系,对学科前沿和发展方向十分了解。作为学科带头人,他们正在或曾经主持国家重大科学工程建设、“863”计划、“973”计划等国家级和院级重大科研项目,组织国际科技合作项目等。

为实现创新人才的可持续发展,等离子体所十分重视派遣年轻的优秀科研、管理人员参与国际合

作项目,让他们在国际合作实践中得到充分的锻炼和培养。就读于等离子体所的硕士、博士研究生能直接参与国际合作项目和出国留学。

经过 20 多年的努力,一支具有创新能力的高水平学术梯队已在等离子体所形成。这支队伍中,创新基地岗位研究员 29 人,平均年龄 42.2 岁,具有博士学位者占 55.2%,硕士学位者占 27.6%;副高级岗位 45 人,平均年龄 37.3 岁,具有硕士及其以上学位者占 46.7%;中、初级岗位 23 人,平均年龄 27.1 岁。科研人员中当选中国科学院院士 1 人,中国工程院院士 1 人,在国际组织中任职 6 人,入选院“百人计划”5 人,获院“跨世纪杰出人才”称号 1 人、院“青年科学家奖”1 人、国家杰出青年科学基金 2 人,获省、市、地区级各类荣誉奖 30 多人次。

4 未来展望

针对国家能源问题的战略需求,为院知识创新工程试点工作的全面推进,等离子体所制定了未来五年发展计划:将等离子体所建成以等离子体物理和磁约束核聚变研究为主体,以大科学工程为依托,以满足国家对能源的战略需求为目标,以数项配套的大型技术物理装备为平台的未来战略新能源及相关技术研究的基地。同时,建立广泛的国际合作,使等离子体所在国际受控热核聚变界成为具有重要作用和较高知名度的、不可替代的研究所。可以相信,等离子体所将以更加富有朝气和活力的形象活跃在国际聚变研究学术舞台上,以更加开放、积极的姿态和雄厚的研究实力参与更大规模的国际合作与竞争,使我国受控热核聚变研究全面进入世界前沿,为开发人类新能源和社会可持续发展做出创新性贡献。