

东方“小太阳”：与极限展开竞技场

■本报记者 冯丽妃

1亿摄氏度,1000秒。这两个数字是盘桓在中国科学院等离子体研究所(以下简称等离子体所)核物理学家和全球科学界面前的两座难以跨越的山峰。

因为要让核聚变为人类所利用,就意味着要把氦、氘的等离子体瞬间加热到1亿摄氏度,并至少持续1000秒,才能形成持续反应。而这正是等离子体所大科学装置“东方超环”(EAST)的使命。

如果说起EAST的学名大型非圆截面超导托卡马克装置,可能没有多少人知道;但是如果提起“人造小太阳”,很多人都会竖起大拇指。

在这个集合了世界上多领域科研难题的平台上,等离子体所的核物理学家与国际科学界牵手,向一个个极限发出挑战,不断向全球未来能源研究的最高峰冲刺。

与极限竞技

日前,在等离子体研究所一个轰隆隆的实验大厅里,科研人员正围绕着一个三层楼高的庞然大物忙碌着。

“这是EAST的主机部分,高11米,直径8米,重400吨,主要用来探索实现聚变能源的工程、物理问题,为未来能源发展提供新思路。”等离子体所所长李建刚向参观大科学装置的一行人介绍说。

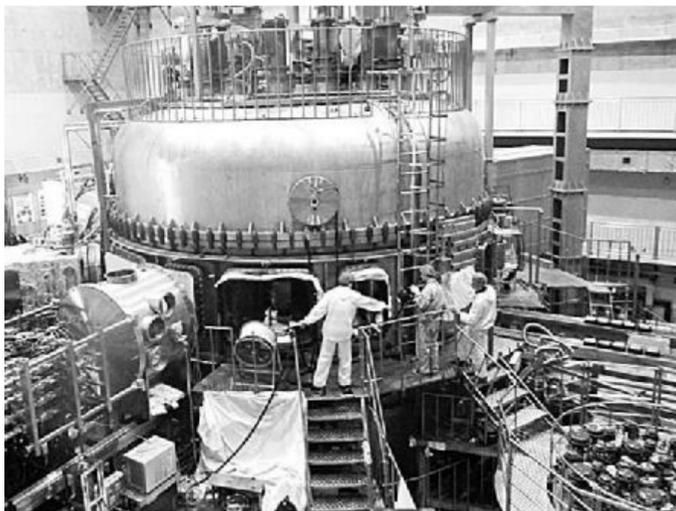
“当前,我国每年要烧100万吨煤发电,如果用核裂变代替煤电能源一年需要5吨铀,但用核聚变一年只要100公斤的重水。”他解释说。取自于海水的氘和氦元素不仅成本低,资源丰富,而且没有任何辐射,是安全和清洁的未来能源。

“EAST作为世界上第一个全超导非圆截面核聚变实验装置,集中了超高温、超低温、超大电流、超强磁场和超高真空五个极限。”等离子体所一位科研人员说。

每一个极限都是科研的高精尖难题,挑战极限就意味着开拓创新。从1996年至今,EAST的母体里嵌入了中国科学家太多自主创新的成果。

“从设计到建设,整个项目的自研率在90%以上,取得了68项具有自主知识产权的技术和成果。”李建刚说。近期,等离子体所刚刚被评为全国创新团队。

让2000万摄氏度等离子体持续400秒,这是目前EAST取得的成绩,也是当前国际



▲科研人员在导体生产大厅里工作。
▲“东方小太阳”EAST进行第六轮升级。
鲁捷摄

核聚变反应最好的成绩。“EAST必将对国际热核聚变实验堆计划(ITER)及下一代聚变装置产生更多世界级的、独一无二的贡献。”在今年5月EAST第五次评估中,国际顾问委员会如是评价。

事实上,与全球规模最大的能源合作项目ITER相比,EAST只有其1/4大小。但麻雀虽小,五脏俱全,EAST的成功经验已经支撑了ITER的建设。如研制出可通过90千安培的高温超导电流引线,使ITER致冷电耗每年减少2/3以上;证明ITER磁体电源设计方案存在的风险,并设计出新方案。

“目前,中国在ITER七方采购包进度中已成为第一位。在核聚变领域,中国人再也不是可有可无的‘小角色’。”李建刚自豪地说。现在,科研人员正在对EAST进行全方位的升级改造,为2014年新一轮的物理实验作准备。

从日、俄竞争者手中赢得“大单”

在基础科研创新的同时,EAST也带动着我国核聚变相关高科技工业的发展。

在等离子体所超导导体生产大厅中,李建刚指着堆叠了两人多高的环形导体告诉记者:“这些导体每一根价值都在3000万元人民币以上。”这些外表看起来再普通不过的导管,却内藏乾坤:每根线管里都是1000根头发丝一样细的导线打成的超导电缆。

这些超导导线可谓EAST和ITER的“生命线”。因为地球上再耐热的材料也会被核心区1亿摄氏度的聚变反应烧化,而要让反应和装置内壁保持一定的距离就离不开这些超导导线。“它们每秒可以通过6万安培的电流,产生10万高斯的磁场,形成一个强大的‘电磁笼’,把等离子体悬浮起来。”李建刚解释说。

中科院水生生物多样性与保护重点实验室

探索水生生物多样性“迷踪”

中国科学院水生生物多样性与保护重点实验室(以下简称实验室)是独特的。”该实验室主任何舜平说。

这座位于中国科学院水生生物研究所(以下简称水生所)实验室的理念是以水生生物为研究对象,对其格局、过程和机制开展综合性研究,研究内容包括生物多样性起源、演化,以及生态适应性和资源的可持续利用。

“生物多样性不能只是个口号,要变成实在行动。”何舜平说,实验室所作的研究整合了宏观和微观(所有)领域。

第一个关于鲢鱼转录组注释的研究,完成海洋鱼病重要病原水痘伪康纤虫和梨形四膜虫的基因组测序,拼装和注释预测长江江豚在未来100年内存在86%的灭绝风险,确定水温和水位日增量是促发四大家鱼繁殖的主要环境因子……2012年实验室有代表性的研究进展,正体现了宏观、微观研究共寻多样水生生物世界的努力。

主导世界鲤形目鱼类系统学研究

中国有1000多种淡水鱼类,但2000年来,为什么只有青草鲢鳙四大家鱼和鲤鲫繁殖成功?“过去鱼类育种是盲目的,缺乏相关理论和技术的支撑。”何舜平说。

研究发现,家养鱼类的培育物种选择是关键,这些品种应该高度适应东亚季风气候,高度适应江河复合生态系统和地理条件,四大家鱼正好是符合这些条件的东亚特有鱼类。

物种选择,取决于鱼类系统发育重建。“鲤形目鱼类占东亚鱼类的80%,系统发育重建、自然系统分类,多少代研究者都想建立一个自然的系统,但都没有完全成功。”何舜平认为,原因在于没有覆盖所有分布区的采样,没有覆盖所有的种类,也缺乏足够的证据。形态特征往往

据介绍,每一根导体都要经过绞缆、穿缆、焊接、检测等多道工序,对工艺要求更是可以“苛刻”二字来形容。如导管焊缝背面成型厚度不得超过0.1毫米;而在运往日本、法国之前,每根导管还要充氮气检测其密封性。

然而,在EAST建立之前,这项技术尚未诞生。“当时,我国建国以来的超导线总共加起来才有26公斤;而现在除了供给ITER每年所需的150吨预定以外,产量还绰绰有余。”李建刚对比说。

ITER很多部件都代表着高附加值,是国际竞争的热点。就在今年9月份,等离子体所刚从日本和俄罗斯两个竞争者手中赢得一个“大单”:为欧盟研制ITER专用的极向场超导线圈。

“这个线圈重396吨,比EAST所有的线圈加起来还大。三方中,俄罗斯竞标价最低,而我们的价格比日本人还高100万元人民币,很多人觉得不可思议,但我们是以技术和质量取胜。中国人‘卖白菜’的历史一定会尽快地结束!”李建刚语气坚定地说。

除此之外,等离子体所还负责为ITER提供控制电源、超导校正场线圈等70%以上的中国采购包,由此带动了一批国内先进制造业公司的发展。

“以前,外国人总认为中国的加工制造质量不高,现在在等离子体所的带动下,我们也可以吐气扬眉了。”在合肥科辉公司加工车间,一位吴姓经理对《中国科学报》记者说。

30年恒守“大科学文化”

为了让中国在世界聚变研究的前沿领域占据一席之地,30年来,等离子体所一直把敢于创新、争取一流、自力更生、上下一心、甘于奉献的

“大科学文化”作为不变的价值定位。

据李建刚介绍,如果时光倒流至1990年,彼时等离子体所老一代科学家用40个火车皮拉着400万元人民币的生活物资,与俄罗斯科学家换得部分超导工程装置托卡马克T7。历时3年半,我国科学家将这个原本不具备物理实验功能的装置成功地改造成能够开展稳态高参数实验的全球第四个超导托卡马克装置HT-7。

在此基础上,等离子体所科研人员再接再厉,仅用10年时间,就自主设计和建造出世界上首个全超导托卡马克装置EAST。

从T7到EAST,集中了等离子体所老中青三代科研人员的智慧和汗水。现在,等离子体所已经培养了一批核聚变国际领军人才。“有3人晋院士,两人入选‘万人计划’,引进‘千人计划’4人,‘百人计划’12人。”李建刚如数家珍。同时,该所已经培养了1000多名研究生,分散在全世界各地。

等离子体所恒守的第二个价值定位就是广迎四海的开放精神。在李建刚看来,核聚变离不开国际合作,而国际合作一要靠实力,二要互惠互利。

“以前是我们带着方便跟着人家学习,现在得益于国家支持和EAST建设,基本上都是国外科学家来我们这里做实验。”李建刚说。现在,等离子体所已经不仅仅是聚变装置部件的提供者,更是很多国际核聚变实验装置的提供者与合作者。

鉴于对能源的大量需求,我国下一个核聚变装置——中国聚变工程试验堆(CFETR)有望在2020年前后启动,现在装置正在紧锣密鼓地设计中。“我今年52岁,到退休还有13年,希望退休之前,可以把这件事情做好。”李建刚满怀信心地笑着说。

机构名片

国家农业机械工程技术研究中心

国家农业机械工程技术研究中心依托单位为中国农业机械化科学研究院。该中心设有管理委员会,设综合办公室、市场经营部、工程研发部及产业管理部等4个部门;下设农业机械化发展研究中心、收获机械分中心、耕种机械分中心、节水灌溉分中心、饲养机械分中心、农产品加工分中心、粮食仓储分中心、水田机械分中心和南方分中心9个研发分中心;建有种植机械、收获机械、农产品加工机械、排灌机械、干燥机械等试验室和中试生产基地。

该中心以“支撑现代农业和新农村建设,提高自主创新和产业核心竞争力,引领农业装备制造跨越发展”为目标,坚持“一流的工程化与产业化水平,一流的工程技术人才,一流的工程实验条件,一流的管理运行水平”的标准建设,致力于农业装备技术的创新与发展,以高度的责任感、使命感服务于中国农业现代化,是行业先进技术发源地、新产品辐射源和战略策源地。

中心主要从事我国农业机械化发展战略的研究,以及粮食及优势经济作物生产全过程农业装备、农产品与食品加工成套技术装备、生物质转化工程技术装备、精准与智能化农业技术装备的研究开发及其工程转化和产业化工作,发挥在行业中的辐射带头作用,面向全行业,开放服务。

国家医用诊断仪器工程技术研究中心

国家医用诊断仪器工程技术研究中心依托单位为深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司,在我国加入世贸组织背景下组建该中心这一举措,是打破技术壁垒,促进技术进步、发展和创造具有自主知识产权的精密医疗设备的有效和必要组织措施,有利于促进我国医疗器械产业的发展。

医用诊断仪器研究是一个技术含量高、发展速度快、应用效果显著、具有带动作用的高科技领域。组建该中心,可以有效地组织和领导行业发展,集中力量健全行业标准和进行核心技术研发,带动国内企业的技术和产品升级,加快打破进口设备垄断的现状,降低医疗设备价格和检查费用。

该中心在生命信息监护领域完成了七项关键核心技术研发,实现了产业化,并且通过了CE认证及FDA的市场准入,进入了国际市场;在临床检验领域完成了六项关键核心技术研发,高精度加样技术和高精度恒温控制技术已经应用于全自动生化产品中;在数字超声诊断成像领域完成了六项关键核心技术研发,并进入国际市场,超声系列产品在2007年产值超过7亿元,在国内市场取得领先地位。(杨琪整理)

中科院水生生物多样性与保护重点实验室

探索水生生物多样性“迷踪”

■本报记者 周熙耀

由于趋同进化,常常得出相反的结论。研究了10年形态学的何舜平,在法国留学时接触到分子生物学。回国后,1995年何舜平获得基金项目,利用骨骼形态重建鲤科鱼类系统发育。当时何舜平的导师中国科学院院士陈宜瑜说了一句话:“做形态骨骼,你超不过我们这一代人。”

这句话提醒了何舜平,他从头学起,开始从事分子系统发育进化研究。何舜平说,从DNA随机扩增多态到基因组测序,一步步使研究进入世界先进行列。目前该实验室已完成鲢鱼和鳙鱼的全基因组测序,其结果对东亚鱼类的进化和遗传育种均有重要的意义。

通过使用多个基因序列数据重建鲤形目和鲇形目鱼类的系统发育过程,何舜平课题组提出了鲤科鱼类系统发育新的模式,这使得过去很多不好解释的问题,迎刃而解。

“我们在鱼类发育学重建、生物地理学分析方面,在世界上处于绝对领先地位。”何舜平说。2005-2010年,课题组发表SCI论文50篇。2011年以后,又有一批更高水平的文章发表。

“过去大都是我们引用外国同行的研究论文,而现在,外国同行大量引用我们的研究论文。”他说。有关鲤形目鱼类分子系统发育的研究论文,实验室在世界上处于前列。

从分子进化到资源保护

水生所研究员刘焕章主要研究生物演化,是实验室鱼类行为与进化组组长,研究重点在于构建东亚淡水鱼类的谱系关系。他参与了美国自然科学基金会“生命之树”项目,构建鲤科、鲷科系统树。

“通过分子生物学方法进行分析,发现我国很多鱼类物种分化处在比较早期,非常活跃。”刘焕章认为,实验室在分子生物学研究方面有很多

重要进展,仪器、手段及理念对于了解物种现状、分化、生物多样性等有重要帮助。

2006年起,刘焕章兼任鱼类生态学和资源保护学科组组长,该学科组在资源保护方面也做了一些具有显示度的工作。

随着葛洲坝、三峡工程的修建,以及长江上游金沙江等有一系列的水电梯级开发,不可避免地对鱼类产生影响。为此,以中国科学院院士曹文宣为首的团队推进建成了“长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区”,对长江鱼类的保护具有里程碑式的意义。

近年来,我国通过人工繁殖增殖放流来补充中华鲟野外种群资源。然而,鱼类生态学和资源保护学科组从1996年开始连续监测发现,人工繁殖对中华鲟幼鱼贡献率仅占10%,中华鲟种群主要还是靠自然繁殖来维系。

“监测结果意味着,中华鲟保护关键在于保护其天然产卵场。”刘焕章说,此举推动了中华鲟保护策略的改变。2009年,农业部禁止捕捞亲鱼人工繁殖,要进行天然繁殖保护。

生态组还对四大家鱼繁殖活动进行监测,发现四大家鱼繁殖需要18℃-24℃的水温条件。同时还发现:生态调度至少保证每天的水位涨幅达到0.55米以上,才会对促进繁殖有效果。

与此同时,另一项重要工作也取得明显进展。目前淡水鱼类研究使用斑马鱼作为模式种,“我们希望使用国家自有特色的实验动物,目前稀有鮎鲫已近交代到二十七代。”刘焕章说,稀有鮎鲫若成功成为实验动物,对于研究我国鲤科鱼类很有优势。

解决跨世纪难题

“在我有生之年,不管谁研究出来,我死都瞑目。”四膜虫交配型决定的问题是世纪难题,一些

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。化石能源带来社会经济快速发展的同时,也造成了巨大的环境污染,发展环境友好型的新能源是国际科学界的共同梦想。核聚变研究正在酝酿着一场新的能源革命。

在探索战略新能源——受控热核聚变能的过程中,中科院合肥研究院等离子体所自1978年建所以来,先后建造了中小型托卡马克HT-6B和HT-6M,以及超导托卡马克合肥超环(HT-7)和全超导托卡马克东方超环(EAST),为世界聚变科技发展作出了重大创新贡献。

自主创新,飞跃发展

上世纪90年代初,等离子体所从苏联引进世界第一个部分超导工程装置托卡马克T7,并通过自主设计,将一个原本不具备物理实验功能的装置成功地改造成能够开展稳态高参数实验的中国第一、世界第四个超导托卡马克装置。通过20多年的努力,实现了400秒、电子温度超过1000万摄氏度的等离子体放电,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,等离子体所锻炼了一支精兵强将,自力更生、自主创新,通过10年努力,自主发展了68项关键技术,于2006年成功建成、运行了EAST装置,使我国成为世界上第一个掌握新一代先进全超导托卡马克技术的国家,为我国乃至世界搭建了一个全新的核聚变研究实验平台。

围绕EAST的科学目标,自2007年以来,等离子体所自主设计和研制了16个具有国际先进水平的实验系统,已将EAST装置打造成未来10年国际上唯一的能够为国际热核聚变实验堆计划(ITER)提供400秒高性能的研究平台。

针对未来ITER400秒高参数运行的关键科学技术问题,2012年等离子体所在EAST上成功实现了411秒、中心等离子体密度大于 $2 \times 10^{20} \text{m}^{-3}$ 、中心电子温度大于2000万摄氏度的高温等离子体,远超欧盟和日本最长60秒的高参数偏滤器等离子体。

近年来,大量自行设计研制的新辅助系统已逐步安装到EAST上,包括世界上首个6MW、4.6GHz稳态杂波系统,全方位的等离子体诊断系统等。在2014年的新一轮实验中,升级改造后的EAST能力将继续提升。

中国平台,贡献突出

ITER是我国参加最大的国际合作项目,等离子体所作为国内主要的ITER合作方,自2004年以来,为ITER发展作出了突出贡献。他们推翻了原国际热核试验堆ITER电源的不合理设计,实现了系列设计和制造技术的突破;他们自行设计研制的高温超导大电流引线成为参与ITER七方中首个通过测试验收的ITER原型件。中国ITER采购包的研制进展已然跃居ITER七方的前列。

“未来,EAST的科研产出将让ITER及广大国际聚变科学和技术界受益。”2013年9月,17位国家著名核聚变专家组成的EAST第五次国际顾问委员会在评估中说。

美国能源部将EAST作为未来美国磁约束聚变的首选合作装置,核聚变已成为中美双方在物理学与物质科学领域内仅次于高能物理的第二大合作领域;欧盟也将原来单一研究所的合作模式变成全面有计划地与EAST开展合作;中日韩在各自国家基金委的支持下,开展为期5年的超导聚变装置的研究计划。

EAST作为世界上开展稳态近堆芯聚变物理和工程研究的实验平台,每年接待来华参与科学实验的美国、日本、法国等国外科学家已经超过100人。

未来等离子体所将继续瞄准世界核聚变科学前沿和国家对战略能源需求,积极开展我国下一代超导聚变堆(CFETR)的设计和相关推荐。等离子体所将通过不懈努力使中国成为国际核聚变领域中不可或缺的先导约束核聚变研究基地。

原生动物学家花费毕生精力追索答案。

今年3月底,PLoS Biology封面文章揭示了四膜虫交配型决定的机制。不到10天,全球100多家媒体先后报道了这个成果,美国加州大学圣巴巴拉分校Orias教授成为舆论焦点。实际上,“军功章”的一半属于合作者——水生所原生动物功能基因组学学科组研究员缪炜。

“作为科研人员,毕生追求这样的结果,参与其中我非常荣幸,何况还起到了至关重要的作用。”嗜热四膜虫的交配型决定基因是由缪炜学科组鉴定完成的。

以解决四膜虫交配型决定机制为标志,原生动物功能基因组学学科组正在爆发大能量。当美国人完成四膜虫基因组测序时,缪炜才刚刚介入四膜虫基因组研究。然而,四膜虫第一张基因组芯片、第一个转录组测序,以及第一个磷酸化蛋白质组分析,都在缪炜学科组产生。

“虽然美国人测了基因组,但是研究更关键在于基因的功能。四膜虫在转录和蛋白水平上的数据大都来自我们实验室。”缪炜说。

如今,四膜虫模式生物功能基因组学的数据库和网站是由缪炜学科组维护,每天访问量在200次左右,且主要来自国外。这里已经成为国际四膜虫研究的信息中心。而且,缪炜今年当选为国际四膜虫研究指导委员会9位委员之一,“这体现了水生所四膜虫研究的重要位置”。

“四膜虫基因组研究,我很自信,我们是国际上做得最好的。”缪炜说。从缪炜身上,记者看到了与实验室主任何舜平同样的激情与信念。

何舜平是从宏观研究转向微观结合研究,而缪炜则从微观走向结合研究。“打破了宏观微观的边界,往往会发现新的方向。”缪炜说。

从研究一个模式种,到现在扩展至对13种四膜虫进行基因组测序,原生动物功能基因组学学科组未来将解答更多的问题。