

中国科学院2015年先进集体系列报道④

与时间赛跑的科学家

——记中科院近代物理研究所ADS团队

■本报记者 刘晓倩

这是一支近500人的核裂变团队，他们从零起步，不断刷新世界纪录；他们用5年时间，追赶了欧美发达国家研究水平；他们，是一群与时间赛跑的科学家。

中国科学院近代物理研究所ADS团队，承担着中国科学院A类战略性先导科技专项“未来先进核裂变能——ADS嬗变系统”，建成了国际上稳定运行的连续

波质子束流强度最高的RFQ加速器、首次提出了一种加速器驱动先进核能系统ADANES概念，有望实现核能系统真正的闭式循环、原创性地提出了颗粒流靶概念……使我国在未来先进核裂变能技术达到国际领先水平。

该团队获得中国科学院先进集体称号。

一切，从零开始

2010年6月，中科院近代物理研究所接受了一个艰巨的任务——ADS嬗变系统研究。回忆刚接受任务的状况，该项目首席科学家、近代物理研究所副所长徐珊珊说：“我们作好了充分的艰苦奋斗的准备，因为ADS是值得奋斗一生的科研事业。”

ADS(加速器驱动次临界系统)被认为是解决核废料处理和核安全问题的最有效途径。不仅如此，高功率质子(离子)直线加速器，在国防和科研等其他领域也有广泛和迫切的需求，这是提升国家战略能力的关键技术。2010年，中国科学院为了解决核安全和核废料安全处理处置问题而优先启动了战略性先导

科技专项(A类)“未来先进核裂变能——ADS嬗变系统”，选取了近代物理研究所、高能物理研究所、合肥物质科学研究所和中国科学技术大学等具有核物理和加速器技术基础的传统单位来承担这项任务，并确定近代物理研究所作为专项牵头单位。

然而，这项任务绝对是一个“烫手的山芋”。国际上关于ADS涉及的单项技术都有一些研究，但是并未有实际运行的系统样机。专项启动之初，各相关单位尤其是近代物理研究所的超导直线加速器、散裂靶、次临界反应堆等各方的技术基本上属于空白，国内外专家均表示提出的技术指标很难在这么短的时间内实现。

近代物理研究所迅速组建起来了ADS团队。目前，全国参加ADS团队的总人数达1300多人，其中近代物理研究所近500人，核心成员260多人，主要集中在近代物理研究所ADS部，同时分散在其他各部门，以任务的方式将队伍有机组织起来。

“无中生有、敢为天下先”，面对困难，徐珊珊这样鼓励团队中年轻的科研人员。ADS先导专项核心技术，超导直线加速器注入器II的技术负责人何源回忆，“项目启动之初，我们连超导腔长什么样子都没见过。连续波高功率ADS加速器的关键技术在中国几乎是空白，整个装置在世界上也没有成功的经验”。

持之以恒，找到“突破口”

谈起超导直线加速器，团队的每个成员都心存敬畏。它是一个复杂、精密的系统工程，从设计到加工，再到最后调试运行的每一个步骤、每一个环节，甚至每一个细节，都考虑周详才能够成功运行。任何微小的“问题”都会导致失败。“为保证最后的成功，超导直线加速器要求的不仅仅是做到‘最好’，而且要做到‘完美’。”何源说。

至今，大家还清楚地记得许多令人“绝望”的反复失败和不断坚持后的“第一次”成功。说起超导腔第一次垂测成功的情景，直线加速器团队成员们至今仍非常兴奋。超导腔的功率“输送通道”非常狭小，要想将高频功率输送

进去，必须精确地找到“输送口”。2012年10月，团队第一次观测到腔体达到超导态，此后1年多的时间，为了找这个“输送口”，团队进行了六次大型实验，但都失败了。每一次失败后，他们都会进行许多大大小小的试验，反复改进处理的方法和测量的手段。何源的学生王志军回忆：2013年11月29日，实验持续了1天，直到凌晨4点仍然没有成功的迹象，“几乎所有人都泄气了，只有何老师还在坚持。”他双眼布满血丝，盯着频谱仪上的数据，一刻不离，坚定地认为，频谱仪上显示的这两个尖峰，就是剑与剑鞘，将它们重叠“撞击”，就是共振点，就是输送口。“就是这个门，对准它踢！”反复推敲计算

后，团队讨论作出了最后的选择，事实证明，这项判断是正确的——第一次测到了超导数据，也是团队取得的第一个意义重大的阶段性突破。随后，加速器团队乘胜追击，实现了28千瓦连续波束流稳定运行1小时的世界最新纪录。这台超导直线加速器样机实现稳定运行，是ADS先导项目中的重要里程碑，不仅意味着我国掌握了超导质子加速器关键部件研制和系统集成调试的关键技术，也为今后更高功率的超导直线加速器的研制奠定了基础，实现了我国在高功率超导直线加速器领域的跨越式发展，使我国超导直线加速器技术进入国际领先行列。

优秀团队，这样炼成

在有限的时间内做到国际领先，就需要所有的人付出超出常规的时间和精力。因此，ADS团队吃住在工作现场是经常的事情。高级工程师张生虎对记者说，超导腔体调试平台上放着十几件军大衣，大家困了就穿上大衣在现场睡一会，饿了就订个盒饭，还常常一边吃饭一边开午餐工作讨论会。大家心中明白，射超导技术，国外已经发展了50多年，我国从开始到现在只有5年，要想追上国际同行，只有在时间上多付出。

为了能够让后起之核裂变技术尽快赶上世界的脚步，大家憋着一股劲，和时间赛跑。ADS团队，没有假期，没有周末，甚至没有下班时间。很多同事根本顾不上家里，“为大家舍小

家”这句话，在这个团队绝不是一句空洞的口号。项目初期，为了保证低温实验的顺利进行，张军辉研究员带领团队在凌晨3点抢修氦气压缩机，被烫伤了双手。石爱民研究员年近60岁，还和年轻人一样爬高上低。张生虎患了严重的腰椎间盘突出，他就绑着铁腰带在现场工作。工程师岳伟明在东北加工厂出差就是个把月，顾不上照顾怀孕的妻子、刚出生的孩子……

很多来交流和工作的国外专家看到这个团队的工作状态，感受到ADS团队的专业精神，对项目的态度从最初的怀疑转为支持。2014年11月，中国科学院组织的国际评估，ADS团队获得了最高分“A”。

徐珊珊说：“ADS各项成果的取得，都不

是一个团队或者一个研究所独立完成的，是跨领域、跨单位、跨部门联合攻关的结果，是集中国内最优势研究力量通力合作取得的结果，ADS合作方面也必将带来体制机制方面的创新。”

2016年是ADS先导专项的收官之年，近物所将要协同高能所团队完成25兆电子伏超导质子直线加速器的安装和调试工作；要完成颗粒流散裂靶架的调试运行工作；同时，要完成加速器驱动嬗变研究装置(CIADS)的可行性研究工作和项目前期工作，开始项目的建设工作了……

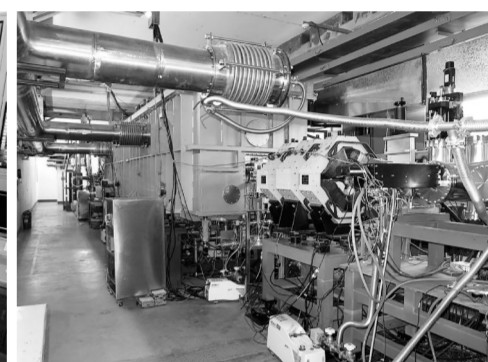
为了美好的未来，ADS团队需要继续和时间赛跑！



庆祝超导腔成功过流。



超导直线加速器中控室



直线注入器II隧道

进展

西北地区灌溉红线为400万公顷

■本报记者 王晨绯

西北干旱区是我国水资源最为短缺的地区之一，近几十年由于绿洲灌溉面积快速扩大，农业灌溉用水占到水资源总消耗量的95%以上。如何合理控制灌溉面积、减少农业用水量是当前重大的科技需求。

中国科学院遗传发育所农业资源研究中心研究员沈彦俊和助理研究员郭英分析了未来60年高、中、低三种温室气体排放情景下的气候变化趋势，并对未来气候情景影响下的西北干旱区水资源和农业灌溉需水的变化进行了预估。

“社会经济的发展对水资源需求产生了巨大影响，与此同时，气候变化通过影响高山冰雪融水和降水对水资源的形成也产生影响。”沈彦俊称之为干旱区水资源的出和入。因此，研究未来气候变化对西北干旱区水资源供需的可能影响以及针对未来缺水状况的应对策略具有重要意义。

他们的研究是基于国际耦合模式比较计划第5阶段(CMIP5)中RCP未来气候情景的模拟和分析。这种气候情景设定了相对于工业革命前，到2010年全球辐射强迫分别增加2.6~8.5W/m²时的不同温室气体排放情景。世界气候研究计划组织的耦合模式比较计划(CMIP)为国际耦合模式的评估和后续发展提供了重要的平台。参与该计划的气候模式模拟数据资料被广泛用于气候变化相关机理以及未来气候变化特征预估等方面的研究。

研究结果显示，未来的气候变暖将使农业需水量显著增加，三种排放情景下，五种主要作物(小麦、玉米、棉花、油料、甜菜)在本世纪30年代(2016~2045年)和60年代(2046~2075年)两

个时段的年均灌溉需水量，可分别达到370.2亿~372.7亿立方米和371.5亿~389亿立方米，比1971~2000年历史时段的灌溉需水量增加了42.7亿~61.5亿立方米，但径流的增加量与五种主要作物的灌溉需水的增加量大致相当，甚至在有些流域小于灌溉需水量的增加。

他们得到了一组有意思的数据，就模拟研究的五种作物而言，如果种植规模控制到2010年规模(4.4×10⁶公顷)，灌溉水利用效率需提高到0.73以上；如果种植规模控制到2000年的规模(3.0×10⁶公顷)，灌溉水利用效率需提高到0.48以上；如果种植规模控制到1990年的规模(2.7×10⁶公顷)，灌溉水利用效率需提高到0.4以上，才可以使灌溉需水量降低到1971~2000年历史时段的水平。

“由于未来工业生活等其他需水量也会呈现增加趋势，这将造成未来水短缺和生态环境恶化的情况加剧。”郭英分析。

郭英还模拟了种植结构调整模式下的灌溉需水量变化，发现在作物规模大的情况下，该种植结构调整模式的节水效果并不明显。

“因此，控制种植规模是未来最有效的农业水资源管理措施，考虑到西北地区还有大量的特色林果种植，西北干旱区的灌溉面积应控制在400万公顷，结合农业种植结构调整与节水改造等措施，可实现水资源的适应性管理。”沈彦俊建议，“压缩农业灌溉面积是西北地区实施丝绸之路经济带建设和实现经济转型的重要水资源保障前提，应杜绝一边努力节水一边又在大规模开荒的做法。”

胚珠器官同源性问题找到突破口

■本报记者 沈春蕾

种子植物胚珠器官同源问题是植物演化生物学最核心的科学问题之一，也是科学家重建包括化石类群在内的种子植物系统发育的基础。然而，种子植物五大类群：苏铁、银杏、松柏、买麻藤和被子植物的胚珠器官形态迥异，如何认识和理解它们的胚珠器官结构的同源性，一直是个悬而未决的难题。

日前，中国科学院南京地质古生物研究所博士史恭乐领衔的一个国际合作团队，研究了产自蒙古国早白垩世地层的盔形植物胚珠器官化石，据此提出了盔形包裹种子的壳斗同源问题的新观点。史恭乐告诉《中国科学报》记者：“已绝灭的化石类群作为现生类群系统发育关系的‘缺失环节’，是解决这一难题的关键。”

中生代种子蕨是一类已绝灭的种子植物，它们具有类似蕨类的叶片但同时又有种子，种子被壳斗不完全包裹，包括盾形植物、开团植物和被子植物在内的中生代种子蕨和二叠纪的舌羊齿类一起，被认为是了解种子植物系统发育和被子植物起源的关键类群。史恭乐说：“不同时期，它们都曾被当作被子植物的祖先类群或姊妹群，并由此衍生出被子植物心皮如何演化的不同假说。”

古植物学主流观点认为，盔形的壳斗是一个叶性器官，种子着生于大孢子叶的背面(远轴面)。而进化——发育生物学研究显示，被子

植物的胚珠更有可能着生于外珠被的腹面(近轴面)。

国际合作研究团队根据大量处于不同个体发育阶段的化石材料重建了盔形植物胚珠器官的个体发育，并运用生物切片和同步辐射成像技术重建了胚珠器官的内部构造。

蒙古早白垩世的盔形植物化石显示：盔形的种子三棱状，倒生，着生在一个二歧分叉的生殖枝顶端或近顶端，生殖枝包在苞片的叶腋内。包裹种子的壳斗是一个杂合的结构，包括着生种子的生殖枝和两片叶性的侧翼，三者分别覆盖于三棱状种子的三个侧面。

史恭乐指出，一方面，盔形生殖枝的二歧分叉结构和维管束解剖构造和现生银杏非常相似；另一方面，倒生的种子和由生殖枝和侧翼构成的壳斗类似于原始被子植物类群具有双层珠被的胚珠。所以，盔形的生殖枝很有可能和银杏的珠柄同源；壳斗很有可能和被子植物的外珠被同源，而包裹生殖枝的苞片和被子植物的心皮很有可能是同源器官。

此前，分子谱系学重建的种子植物系统发育认为所有现生的被子植物是一个单系类群，这一单系群和被子植物构成姊妹群。如果被子植物和现生裸子植物组成的单系类群是姊妹群，系统发育树上，绝灭的盔形植物的分异点很有可能是在被子植物和现生裸子植物分歧点的附近。

现场

目标是世界一流科学城

国家发展改革委副主任林念修等调研怀柔科学城

本报讯7月28日，国家发展改革委副主任林念修带领相关职能部门负责人到中科院怀柔科教产业园，调研考察怀柔科学城及北京综合性国家科学中心规划建设进展情况。中科院副院长王恩哥、北京市副市长隋振江等陪同考察。

林念修一行首先参观了国家空间科学中心怀柔园区，观看了北京综合性国家科学中心规划沙盘，听取了中科院空间科学战略性先导科技专项卫星工程推进情况及创建空间科学国家实验室规划情况的介绍，实地考察了空间科学任务大厅。随后他们参观考察了力学所高速列车气动模型实验室和高空气动力学国家重点实验室，观看了高速列车模型动态演示，听取了复现高超声速飞行条件激波风洞等实验装置的介绍。

在北京综合研究中心调研期间，隋振江主持召开了怀柔科学城调研座谈会，北京市发展改革委副主任王英建和北京综合性国家科学中心(拟)首席科学家丁洪分别作了关于怀柔科学城发展建设规划的初步设想和怀柔科学城大科学装置立项建设进展及交叉研究平台准备情况的专题汇报。林念修边听汇报，



▲林念修讲话
▶参观北京综合性国家科学中心规划沙盘



边就有关问题与参会人员进行了深入交流，并表示将积极支持怀柔科学城和北京综合性国家科学中心建设。

王恩哥表示，中科院高度重视大科学装置集群建设，在“十三五”时期将抓出一批具有标志性的创新成果，真正体现国家战略科技力量的使命定位和创新贡献。隋振江表示，北京市政府高度重视，将通过顶层设计、完善规划、加紧落实，积极做好怀柔科学城各项服务保障工作。

林念修在总结时指出，怀柔科学城的规

划编制工作要坚持高起点，目标是要将怀柔科学城建设成为世界一流的科学城。国家发展改革委将积极支持北京市和中科院建设好综合性国家科学中心，发挥大科学装置的集聚效应，突出北京特色；希望中科院方面加快大科学装置项目建设，已经批复的项目要尽快开工、早日落成见效，北京市方面要尽全力做好服务保障；建议研究出台多方合作机制，明确时间表和路线图，以时不我待、只争朝夕的劲头，尽快将怀柔科学城打造成为我国原始创新和科技综合实力新地标。(科讯)