

科技视点·勇当高水平科技自立自强排头兵

几代科研工作者接续攻关,推动我国在第四代核电技术研发和应用领域达到国际领先水平

高温气冷堆,从蓝图变为现实

本报记者 谷业凯

2023年12月6日,位于山东省威海市荣成石岛湾的高温气冷堆核电站示范工程投入商业运行。

这是全球首座投入商业运行的第四代核电站,也是国家科技重大专项标志性成果。从2012年12月开工建设,到2023年12月商运投产,高温气冷堆用11年的时间从蓝图变为现实。如果把时间的尺度再拉长,我国从上世纪80年代就开展了以固有安全为主要特征的先进核能技术研发。在无样板可依、无经验可循的情况下,几代科研工作者接续攻关,推动我国在第四代核电技术研发和应用领域达到国际领先水平。

国家科技重大专项。2008年,高温气冷堆总体实施方案获国务院批准。董玉杰回忆:“重大专项定下了非常明确的目标,就是要以实验堆为基础,攻克工业放大和工程实验验证技术,最终建成商业规模的高温气冷堆示范电站。”

对于实验堆来说,能够短期运行并验证技术可行性即可,但是商业规模的高温气冷堆示范电站必须实现长期稳定可靠运行,同时要考虑维护检修、在役检查、经济性等因素。重大专项设置了89个科研课题。在清华核研院院长、高温气冷堆重大专项总设计师张作义带领下,一场漫长的技术攻坚战就此展开。

建成10兆瓦球床模块式高温气冷实验堆,正式开启科技成果转化之路

2003年1月29日,我国自主研发建造的10兆瓦球床模块式高温气冷实验堆成功实现72小时连续满功率运行。

这是一项令人振奋的重大科技成果。上世纪80年代起,在中国科学院院士王大中带领下,清华大学开始先进核能技术研发。在国家“863计划”支持下,团队突破了球形燃料元件、球床流动特性等多项关键技术,于2000年建成10兆瓦高温气冷实验堆。

高温气冷实验堆是“863计划”中投入较大的实验工程项目,也是完成最好的项目之一。“一是要选准方向,锲而不舍,‘十年磨一剑’;二是要解放思想,实事求是,集中力量攻克关键技术;三是要集体攻关、大力协同,发扬团队精神。”王大中在总结项目经验时说,“我们下一步的任务是逐步实现这个成果的产业化,争取建造‘示范堆’,为我国能源发展作出贡献。”

高温气冷堆安全可靠、废物产生量小,具备经济性和多用途功能,因此也被视为极具潜力的新一代核能技术。本世纪初,一些国家在该领域积极布局并取得进展。

“当时,各国专家从100多种反应堆概念中,筛选出6种最具前景的第四代核能技术,高温气冷堆就是其中之一。”清华大学核能与新能源技术研究院(以下简称清华核研院)副院长董玉杰介绍,“当时按模块式概念建造的示范堆,中国有一座,日本也有一座,还有多个国家计划建设示范堆,大家都想在这一领域占得先机。”

在10兆瓦高温气冷实验堆满功率运行的同一年,中国核工业集团有限公司与清华大学共同组建了中核能源科技有限公司(以下简称中核能源),高温气冷堆团队也正式开启了科技成果转化之路。

清华核研院副总工程师、1998年就参加了10兆瓦高温气冷实验堆建设工作的李富说:“实验堆建成后,我们的工作重心马上转向商业示范堆设计,并很快拿出了基本设计方案。”

2006年,高温气冷堆被列入

高温气冷堆核岛1.5万多台套设备中,有2200台套为首台套,世界首创型设备超过660台,设备国产化率达到93.4%

项目开展之初,摆在团队面前的首先是技术路线问题。高温气冷堆团队谨慎地在创新与技术可行性之间作出平衡。“比如,为什么不直接用氨气来更高效地推动汽轮机发电?从热力学循环上来说理想的,但我们觉得一定要考虑工业上的可行性。”李富说。

董玉杰回忆:“通过反复比较取舍,我们最终采取了单区圆柱状堆芯的两模块方案,原来的方案虽可实现更大的单堆功率,但研发周期长、不确定性高。现在回过头来看,该技术方案的选择非常关键,它可以通过标准化模块来建设更大的商业电站。”

“核能系统研发很复杂,需要有系统工程的思维。”董玉杰举例,比如,在提出初步总体方案后,还要分成各个分系统,逐步落实每个系统和设备的工程可实施性。遇到大的矛盾,还要回过头来重新迭代循环。直到各个分系统的方案、设备、关键技术都得到落实,才能最终确定总体方案。

李富介绍:“虽然我们有了实验堆作基础,但是设备一放大,所有的设计、验证和运行特性研究,基本上要重新来过。”

绘制各个系统、设备的图纸,按照设备图纸生产样机;逐项技术验证,“背对背”计算分析;“一比一”工程实验,模拟反应堆实际运行的环境……“如果发现设备上的任何缺陷和不足,我们就要进行修改、完善设计,直到满足要求。”董玉杰说。

“高温气冷堆从技术、产品、设备制造、材料上都是创新的,我们的研发与生产基本上同步开展。”中核能源副总经理、总工程师石琦举例,蒸汽发生器被称为“核电之肺”,是高温气冷堆最关键的设备之一。蒸汽发生器换热单元采用五层螺旋盘管,每根管子展开长度是60米,整个螺旋盘管高10米。这样复杂的换热单元,1台蒸汽发生器里就有19个。

为此,清华核研院、中核能源等10多家单位参与,经过两年多



攻关,最终建成了国际首个核级螺旋盘管和换热单元生产线。

“作为全球首创的设计,我们没有可参考的制造和装配工艺。”石琦说,在高温气冷堆攻关过程中,国内多家高校院所、国有企业、民营企业共同参与,研发、生产、参数调优、工艺迭代几乎同步进行。

项目团队还完成了模块式高温气冷堆反应堆压力容器、控制棒和吸收球系统、燃料装卸系统等多个首台套设备研制。高温气冷堆核岛1.5万多台套设备中有2200台套为首台套,世界首创型设备超过660台,设备国产化率达到93.4%。

着力构建产学研深度融合的创新网络生态体系,形成攻关合力

解决高温气冷堆技术难题,需要各行业、全产业链共同参与,着力构建产学研深度融合的创新网络生态体系,形成攻关合力。“在这个组织体系里,大家不是简单的‘合同—制造’关系,而是组成一个个创新联合体,紧密耦合、协同攻关。”石琦说。

高温气冷堆攻关过程中,中核集团和清华大学是最早开展产学研协作的两家单位,中核能源就是在这样的背景下成立的。

攻关过程中,清华核研院聚焦原始创新、关键设备设计,中核能源负责工程设计和工程总包。双方共同成立了联合设计机构,还针对多个关键技术及设备成立了设计采购一体化攻关组。

“我们这支大团队里,既有科研人员,也有工程技术人员,科研思维与工程思维经常‘碰撞’。过去我们也尝试过‘各自为战’,在单位层面开展合作,但是发现根本无法把‘界面’划分清楚,索性成立联合研发机构,一体化决策、一体化管理。出现‘碰撞’时,理论、工程各自向前‘走’一步,将这些‘碰撞’消化在团队内部。”石琦说。

双方还联合举办核工程硕士班,将工程技术人员所承担的工程任务转化为核工程硕士班的毕业设计课题,将理论知识与工程实践密切结合起来。工程做下来,学业也完成了。这个硕士班培养了上百名工程技术人员,很多人已成长为高温气冷堆领域的中坚力量。产学研融合团队在高温气冷

堆攻关全过程、各方面,小到一张图纸、一个轴承,大到完整系统设计、关键主设备制造……协同攻关成功推动一批关键设备出校园、下产线、进市场,从图纸、样品变成了产品。

“高温气冷堆产业化需要攻关很多设备,很多情况和以前不一样,我们必须敢于创新,用新材料、新设备、新工艺来解决。”李富说,“这支大团队的一个特点就是较真。谁技术上说得对,我们就听谁的。”

这支团队中,很多人把大部分职业生涯献给了高温气冷堆事业。“项目做了20年,我们始终满怀信心。一辈子做成一件事,我们感到很幸福。”李富说。

图①:石岛湾高温气冷堆示范工程外景。

中核能源科技有限公司供图

图②:高温气冷堆团队部分成员在石岛湾高温气冷堆示范工程主控室合影。

清华大学核能与新能源技术研究院供图

图③:中核能源科技有限公司主设备中心技术人员在检查设备。

中核能源科技有限公司供图

创新谈·大力弘扬科学家精神

科研工作越是向前发展,就越需要科学家精神的激励感召。广大科技工作者唯有大力弘扬科学家精神,才能更好地肩负起历史赋予的重任,为我国科技事业发展再立新功

习近平总书记在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上强调:“要持续营造尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造的浓厚氛围,大力弘扬科学家精神,激励广大科研人员志存高远、爱国奉献、矢志创新。”

科技工作者是推进中国式现代化的骨干,科研工作越是向前发展,就越需要科学家精神的激励感召。当今世界正经历百年未有之大变局,全球科技创新进入密集活跃期,新一轮科技革命和产业变革对全球经济结构产生了深刻影响。我国发展面临的国内外环境发生深刻复杂变化,“十四五”以及更长时期对加快科技创新提出了更为迫切的要求。广大科技工作者唯有大力弘扬科学家精神,才能更好地肩负起历史赋予的重任,为我国科技事业发展再立新功。

大力弘扬科学家精神,要厚植爱国主义情怀。爱国是科学家精神的第一要义。我国科学家一直有着爱国主义的优良传统。“两弹元勋”邓稼先长期隐姓埋名,为原子弹、氢弹研制作出重大贡献;地球物理学家黄大年毅然放弃国外优越条件回到祖国,取得一系列重大成果……新征程上,广大科技工作者要继续弘扬胸怀祖国、服务人民的爱国精神,想国家之所想、急国家之所急、应国家之所需,自觉把学术追求融入科技强国建设的伟大事业中,把科技成果应用在推进中国式现代化的壮阔实践中,把论文写在祖国大地上,努力创造出无愧时代、不负人民的新业绩。

大力弘扬科学家精神,要树立勇攀科技高峰的志向。创新、求实是科学家必须具备的品格素质。先后担任北斗系统、探月工程总设计师的孙家栋曾说:“从科学技术角度讲,我总是走在‘尖尖’上”;地质学家刘东生通过多年野外考察,积累了丰富翔实的气候变迁资料……随着科学研究走向深入,我国科技工作者既要在独创独有上下功夫,提出更多原创理论、作出更多原创发现,又要追求真理、严谨治学,在科研工作中保持耐性和定力,在潜心研究中成就一番事业。

大力弘扬科学家精神,要在积极奉献、大力协同中形成攻关合力。从“两弹一星”到载人航天,从自主三代核电“华龙一号”到国产大飞机,我国许多标志性科技成果都是在协同攻关中取得的。新形势下,更好发挥新型举国体制优势,集聚力量进行原创性引领性科技攻关,科技工作者要以“功成不必在我,功成必定有我”的信念,大力推进集智攻关、充分开展团结协作,推动加快实现高水平科技自立自强。

大力弘扬科学家精神,科技工作者也要自觉肩负起培养人才的重任。科技事业的发展,需要源源不断的创新活力。甘为人梯、奖掖后学的育人精神,是培养创新人才的重要助力。弘扬育人精神,能激发青年对创新的热爱,促进人才脱颖而出。学术薪火代代相传,构筑起科技事业长远发展的基石。奋进新征程,通过识才、育才、用才,在接力奋斗中把我国建设成为世界重要科学中心和创新高地。

推进中国式现代化,科学技术要打头阵,科技创新是必由之路。大力弘扬科学家精神,拿出“人生能有几回搏”的劲头,放开手脚创新创造、奉献才智,广大科技工作者必将为建设科技强国写下精彩篇章。

新闻速递

玉米大面积单产纪录再次刷新

本报电 近日,中国农业科学院促进玉米大面积单产提升观摩会在内蒙古自治区通辽市召开。23名专家对玉米单产提升百万亩核心区复测验收的结果表明,按照14%水分标准,通辽市科尔沁区万亩片、十万亩片、百万亩片每亩产量分别为1247.22公斤、1042.1公斤、945.29公斤,再次刷新全国粮食主产区万亩、十万亩、百万亩单产纪录。据介绍,2018年起,中国农业科学院作物科学研究所与通辽市合作开展玉米技术攻关和集成示范,联合推广玉米密植精准调控技术,使该市玉米单产大幅提升。(喻思南)

专家研讨人工智能教育发展

本报电 近日,由中国人工智能学会主办的2024年智能时代的基础教育全国名校长论坛在中国人民大学附属中学举行,来自北京、杭州、成都、武汉、洛阳等城市的中小学校长和多位信息科学技术领域专家出席论坛,分享面向智能时代的教育改革经验,探讨人工智能赋能基础教育高质量发展。据悉,自去年《基础教育课程教学改革深化行动方案》印发以来,多地中小学在人工智能教育方面积极开展探索实践,通过开发基于人工智能的跨学科课程,帮助学生掌握多种软硬件工具,提升学生的科技素养、创新思维。(谷业凯)

“电子眼”助力电网线路安全运行

本报电 为全面防控电力设施外破事故,国网山东安丘市供电公司加大技术创新力度,实行智能化运维,在35千伏及以上线路杆塔上全部安装高精度摄像头,搭建输电线路可视化智能监控系统。这些“电子眼”可24小时监测电网的周边环境,智能识别现场情况,实时抓拍现场画面,通过网络将数据同步回传至监控平台。平台监控人员据此及时对现场情况分析研判、辨识风险,第一时间发布风险隐患告警信息;线路巡检人员接警后立即赶赴现场处置,有效保障电网运行安全。(赵永新)

本版责编:谷业凯

为建设科技强国写下精彩篇章

谷业凯

更好把握人工智能发展趋势

喻思南 孙熙然

人工智能是引领新一轮科技革命和产业变革的战略技术,具有带动性很强的“头雁”效应。人工智能技术发展有何新趋势,怎样更好地使用人工智能工具?在近日召开的2024年世界科技与发展论坛主题会议上,与会院士专家展开了讨论。

会上,世界机器人合作组织理事长、中国科学院院士乔红介绍了人工智能十大前沿技术趋势展望。在人工智能共性技术方面,包括小数据和优质数据、人机对齐、人工智能使用边界和伦理监督模型、可解释性模型;大规模预训练模型方面,包括规模定律、全模态大模型、人工智能驱动的科学;具身智能方面,包括具身小脑模型、实体人工智能系统;生成式人工智能方面,包括世界模拟器。

展望人工智能技术发展趋势,百度集团首席技术官王海峰认为,更高质量更大规模的数据,更大的模型将会带来更强的能力;大语言模型仍有提升空间,多模态统一大模型会越来越实用;智能体技术越来越成熟,将促进大模型应用爆发。

“人工智能充满潜力。技术的发展为我们带来更加便捷的生活方式,还将推动各行各业的创新和发展。”乔红说。

与会专家表示,当前人工智能已深度融入生产生活,需要进一步把握人工智能

的发展方向,推动技术创新与产业升级,并确保人工智能技术可持续发展。

推动人工智能在更多领域落地应用,透明可信很重要。“在保障有效性的前提下,提高可解释性,有助于减少对公共资源的消耗,增强用户对人工智能系统的信任度,并促进其在关键领域的应用。”乔红说,比如,在医疗健康领域,一个具有可解释性的人工智能诊断系统能够让医生更容易理解判断依据。

随着应用深入,人工智能技术给社会治

理、伦理道德带来了一些风险和挑

战。中国工程院院士、北京邮电大学教授张平表示,应对人工智能潜在的伦理风险,一方面可以通过构建通用人工智能理论框架,从理论层面保证人工智能技术发展的安全可控;另一方面,在可解释和自动化评估方面,可通过外部监测保障通用人工智能技术向善发展。

加强人工智能治理,离不开国际合作。“我们应当积极推进国际交流与合作,携手应对人类共同挑战,让人工智能技术发展更安全、更可靠、更可信,推动人工智能更好增进人类福祉。”中国新一代人工智能发展战略研究院执行院长龚克说。

专家观点

本版责编:谷业凯