



商运十年来持续保持高端稳定运行

## 阳江核电年上网电量破500亿千瓦时

本报讯 记者近日从中国广核集团(以下简称中广核)获悉,其下属的广东阳江核电站商运10年来持续保持高端稳定运行。作为我国核电“规模化、系列化、标准化”发展标志性项目,中广核广东阳江核电站自2014年3月25日首台机组商运以来,已累计实现上网电量3385.86亿千瓦时,并于2023年成为国内首个单年度上网电量突破500亿千瓦时的核电站,6台机组WANO(世界核运营者协会)综合指数均达到满分。

“阳江核电站6台机组全面建成并持续保持高端运营,是中广核推动核电自主化技术路线发展的一个重要成果。”阳江核电有限公司党委书记、董事长赵福明表示,“作为我国一次核准建设机组数量最多的核电站,阳江核电站建设的6台机组是我国核电技术路线高质量发展发展的典型样本,为研发具有我国自主知识产权的三代核电技术‘华龙一号’奠定了坚实基础。”

自2014年3月25日1号机组商运以来,按照每年投产一台的节奏,阳江核电站6台机组于2019年全面商运,并实现了经营业绩持续稳步提升。2023年,阳江核电站机组平均能力因子达94.8%,创全面商运以来的最优纪录。全厂82%的WANO指标达世界先进水平,6台机组WANO综合指数均达到满分,在行业内处于领先地位。

2023年,阳江核电站上网电量达到500.33亿千瓦时,占全国核电年度上网电量的12.3%,是国内发电量及上网电量最高的核电站,也是首个年度上网电量突破500亿千瓦时的核电站。

截至2023年底,阳江核电站已累计实现上网电量3385.86亿千瓦时,与同等规模燃煤电厂相比,等效减少标煤消耗超1亿吨,减排二氧化碳2.79亿吨,相当于造林约76.18万公顷,可覆盖阳江市面积的95%。

程小雨

# 大国底气从“核”来

第十七届中国国际核工业展览会成功举办,“大国重器”悉数亮相

◆本报见习记者程小雨

近日,第十七届中国国际核工业展览会在北京展览馆举办。本次展览以“支撑‘双碳’目标实现,共促核能高质量发展”为主题,共吸引了110余家来自国内外的企业参展。

在面积超过16000平方米的展厅内,记者现场参观,看到一道道来自核产业链最前沿的风景。

## “大国重器”齐聚一堂,令观众耳目一新

在中国国际核工业展览会的展厅内,代表着我国核电技术能力最高水平的“大国重器”悉数亮相,新一代人造太阳“中国环流三号”、高温气冷堆、华龙一号等模型齐聚一堂,成为游客们的网红打卡地。讲解员在一旁深入浅出地为观众们介绍核设施背后的“核”力量。

“我们希望有一天,由核聚变发电点亮的每一盏灯泡,它诞生在中国。”在新一代人造太阳“中国环流三号”的模型旁,核工业西南物理研究院聚变科学所石晓钟的讲解引起了记者的注意,“我国核能发展采取热堆—快堆—聚变堆‘三步走’战略,核聚变正是解决能源问题的最终一步。我们邀请全世界科学家来中国集中智慧开展攻关,共同追逐人造太阳的人类能源终极梦想。”

然而,实现可控的核聚变反应需要将反应物加热到上亿摄氏度的高温。在地球上,最耐高温的材料——金属钨在几千摄氏度的条件下也会熔化。“科学家们想出一个办法,用磁场将反应物约束起来,也就是‘磁约束’。外围线圈产生产生缝合的磁场,像一双手一样,牢牢地将反应物控制在真空室内,带电粒子沿着磁力线做螺旋运动,从而使大量原子核发生核聚变,释放出巨大的能量。”石晓钟指向人造太阳模型中形似甜甜圈的部件,“这是装置中最核心的容器,核聚变反应都在真空室进行。整个装置也有个学名——‘托卡马克’。”

在展会现场,有更多“大国重器”揭开了神秘面纱。行至中国华能集团的展厅内,记者捕捉到了全球首座第四代核电站——华能石岛湾核电站高温气冷堆的身影。在这座“不会

熔毁”的反应堆模型旁,一枚直径仅为6cm的黑色圆球与一旁的大型设备形成鲜明反差。

“别小看了一个‘球’的能量。”华能山东石岛湾核电有限公司的孙婧向记者介绍道,“作为高温气冷堆核心技术之一的核燃料元件,虽然它体积小,但产生的能量大约能转化为6000千瓦时电。”

二氧化铀核芯外层包裹的“盔甲”,正是高温气冷堆保障固有安全性的法宝之一。

“最内层的核燃料被四层‘盔甲’保护起来,可有效防止放射性物质外泄。最重要的是碳化硅层,它的设计温度高达1620摄氏度,而高温气冷堆正常的运行温度在1200摄氏度以下。在丧失所有冷却条件的情况下,依靠材料自身的负反应性和足够大的温升裕量,它会在1500摄氏度左右反应性自然下降,温度自然下降。所以无论核燃料怎么‘烧’,也突破不了碳化硅层的保护,这样从物理上杜绝了核外泄的可能。”孙婧在现场向记者介绍高温气冷堆“不会熔毁”的原理。

展会上纷纷亮相的尖端科技,展现着核能行业发展的风向标。“作为全球为数不多拥有自主完整核工业产业链的国家,我国内地现有在运核电机组55台,居全球第三;在建核电机组26台,保持全球第一,核电建设进入高质量发展轨道。中国国际核工业展览会作为我国核工业领域历史最久、规模最大、影响最广和层次最高的国际性专业展览会,在推动全球核能产业合作和核科学技术交流方面发挥了重要作用。”中国核学会理事长王寿君表示。

## 科技创新为核电领域新质生产力赋能

“在核电领域,科技创新是发展新质生产力的重要因素。”中广核数字科技有限公司党委书记、董事长、总经理孙永滨说道。

在展会亮相的核能“明星”阵容中,来自中广核集团的自主核安全及数字化仪控系统“和睦系统”被称为核电系统的“神经中枢”。它控制着核电站数百个系统、上万个设备的运行,具有

系统规模大、综合程度高、应用场景复杂等特点。

“和睦系统”的成功应用,背后体现着“中国智造”的力量。“和睦系统”是我国完全具有自主知识产权的核安全及数字化仪控系统,包括操作系统、通信软件等全由我们自主研发。核心部件主处理器经过十几次技术迭代、上千次试错以及上万次消



▲图为工作人员讲解人造太阳工作原理。  
▲图为VeloX—在研医用直线加速器。

程小雨摄

缺,达到了高质量水平。”孙永滨向记者介绍道,“目前,‘和睦系统’已经在包括华龙一号在内的多堆型、多基地得到广泛应用,为核电安全、经济、可靠运行保驾护航。”

在核工业驶入数智化发展快车道过程中,除了给核电系统整体装上智慧大脑,实景孪生项目、AR智能检修、空间计算等前沿科技也开始应用于核电站检修的每一处细节。

## 核科技助力美好生活

利用核探测技术检查放射性物质、辐照灭菌用于医疗卫生用品消毒、用辐照技术处理城市工业废气废水、核能供热、核能制氢……在展会上记者观察到,身边的核科技正在变“辐”为福,造福我们的美好生活。

在现场,一台硕大的医疗装置映入记者眼帘。这台外表与普通CT机别无二致的设备,背后也有创新“硬”核科技力量。

“这是一款正处在研发阶段的CT图像引导医用直线加速器,集成影像和治疗功能于一体。CT使用X射线对患者全身进行扫描检查,而医用直线加速器使用更高能量的射线来医治肿瘤患者,进行放射治疗。设备可以实现诊断级的高清成像,治疗效率更高,效果也更好。”中核核子医疗科技有限公司(以下简称中核核子)医用直线加速器产品经理张娜向记者介绍道。

“举个例子,患者在接受治疗的时候,先躺在设备上进行治疗,进行肿瘤精准定位。在定位之后,设备发出治疗级的高能X射线,精准照射肿瘤并将其杀死。”张娜介绍道,“设备的关键技术都是由中核核子自主研发的,主要子系统部件均实现了百分百国产化。”

在当下,核能也有更多跨界联动。在国

家在福建宁德核电厂(以下简称宁德核电)的展台上,记者看到人们正在沉浸式体验AR智能检修头盔。“在核电日常工作过程中,填写纸质工单会影响工作人员的操作,工序、设备、工具间的频繁切换给工作人员带来较大负担。这款智能头盔可以在保证安全的同时,解放工程师的双手,减少维修和巡检过程中的数据录入,使现场检修和设备巡检的效率提升20%—30%。”宁德核电仪控部李剑告诉记者。

家电力投资集团有限公司(以下简称国家电投)“核能综合应用”的展区,集中展示着核能供热、水热同产同传、南红北移等项目,“零碳”是其中的关键词。

2023年,我国首个跨地级市核能供热工程——国家电投“暖核一号”三期核能供热项目正式投运。海阳核电在给烟台海阳市供暖的同时,供暖区域到达威海乳山市,实现了零碳热源的跨区域互通共享,为40万居民带来清洁的暖气。

“温暖一座城,湛蓝一片天,少交一元钱”是海阳开展核能供热的真实记录。记者在现场了解到,在实现清洁取暖的同时,核能供暖也具有一定的价格优势。同比核能供热前,海阳市住宅取暖费较往年下调1元/平方米。同时,全市供暖季空气中PM<sub>2.5</sub>平均浓度下降了16%,空气优良率上升了17%。

“我国是应对全球气候变化的坚定行动派和重要贡献者,应将核能作为构建清洁低碳能源体系、实现碳达峰碳中和目标的重要选择。我们希望以本届中国国际核工业展览会为契机,与各国一道,突破关键核心技术,锻造精品工程,推动发展新质生产力,推动全球核工业深化开放合作,共同创造绿色、低碳、可持续发展的美好未来。”王寿君表示。

## 从手续办理情况、现场安保措施、人员工作资质、作业防护措施入手 贵州开展移动放射源和II类射线装置探伤作业突击检查

◆林晓璐

贵州省生态环境厅核与辐射安全监管处联合贵阳市和安顺市两地生态环境部门、公安部门近日开展了一次移动放射源和II类射线装置探伤作业现场突击检查行动,有效督促企业规范移动探伤作业活动,及时防范辐射安全风险,保障辐射环境安全。

本次检查采取“四不两直”方式,主要从手续办理情况、现场安保措施、人员工作资质、作业防护措施4方面入手,对探伤作业主体是否违规分包,台账记录是否规范,人员是否经过培训,现场控制区、监督区划分是否规范,是否设置文字、警示、公示牌等标志标识等内容进行现场检查。

检查发现,探伤企业均能较好落实各项辐射防护要求。现场设置了警戒线、警示灯、电离辐射标志和放射源信息公示牌,为作业人员配备了便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪和个人剂量计

等防护用品。但在检查过程中也发现,探伤企业还存在放射源暂存库安保制度落实不到位,放射源出入库记录不完善等问题。

针对存在的问题,贵州省生态环境厅辐射处立即提出整改要求,督促企业认真落实放射源暂存库安保制度,放射源暂存库双人双锁制度等安全防护措施。同时,为保障放射源运输安全,协调公安部门指导企业做好放射源运输审批、备案并保持道路畅通,在减轻企业负担的同时确保核与辐射安全万无一失。

近年来,高风险移动放射源被广泛应用于移动探伤等行业,探伤作业需求逐年增加。高风险移动放射源具有源强高、活度大、移动性强、监管难度大、社会关注度高等特点,不仅在作业现场,在暂存、运输各环节都有风险。一旦出现故障,极易引起恐慌,产生广泛的社会影响。

为化解与日俱增的辐射安全隐患,贵州省生态环境厅辐射处不断探索辐射安全监管新模式,逐步形成高风险移动放射源闭环管理机制,构建省、市、县三级联动和线上

线下协同推进的核与辐射安全监管格局。

制度层面,完善高风险移动放射源使用单位探伤作业事先告知、异地备案要求,明确各级生态环境部门落实高风险移动放射源全闭环管理工作职责,明确属地和作业地生态环境部门对探伤作业的检查内容、检查频次和管理要求。

监管层面,将行政许可审批与现场检查相结合,在高风险移动放射源使用单位办理辐射安全许可证相关审批和放射源转让手续过程中,坚持做到申报条件不完备的一律不予审批,存在整改项、未完成整改的一律不予审批。开展高风险移动放射源从业人员资格审核,开展放射源暂存库安全防护设施、辐射事故应急物资核查,杜绝用源单位“带病”营业。

下一步,贵州省生态环境厅辐射处将继续紧盯高风险移动放射源使用企业,通过督促问题整改,进一步压实企业辐射安全主体责任,依法严肃查处发现的环境违法行为,持续守牢全省辐射环境安全底线。

## 严准入 优服务 抓整改 宣城宣州区强化核与辐射安全监管

本报讯 2023年以来,安徽省宣城市宣州区强化核与辐射安全监管,消除安全隐患,确保安全可靠,以高水平辐射安全保障高质量发展。

抓源头严准入。宣州区牢牢抓住核技术利用单位环评、辐射安全许可证办理、从业人员职业资格等源头性工作,通过现场踏勘、专家评审、指导证件申办、组织考试等方式强化辐射工作准入。全年共办理辐射安全许可证5件、开展培训两场、组织考试5场。

抓监管优服务。宣州区对49家核技术利用单位开展全时段、全方位监督检查,重点掌握医疗卫生机构、探伤类企业的总体情况,对生态环境保护行政审查落实情况、辐射安全与防护日常管理、影像科、固定式探伤装置、移动式探伤装置等开展检查,实现服务监管效能提升。

抓整改提效能。宣州区紧盯上级反馈及日常监管中发现的薄弱环节,全面督促整改辐射安全申报系统填报不准确、辐射安全许可证变更不及时、警示灯具故障、应急管理不到位等问题。全年共变更辐射安全许可证10件,年度评估报告上传率达100%。

方敏

## CEN 图片新闻

## 深入海阳核电结合实际案例进行生动讲解 华东监督站开展“送法规到一线”核安全文化宣贯



本报讯 生态环境部华东核与辐射安全监管站(以下简称华东监督站)近日在海阳核电站持续开展“送法规到一线”核安全文化宣贯系列活动。本次活动旨在进一步加强一线员工对核安全法律法规的了解,确保核设施的安全稳定运行。

华东监督站与山东省核与辐射安全监测中心共同参与海阳核电厂气态流出物取样监测工作,了解海阳核电厂实际操作情况和设备运行情况,并对海阳核电厂放射性监测系统相关环境监测子站实地踏勘。华东监督站对海阳

核电厂化学环保领域一线员工开展了核安全相关的法律法规宣贯,详细解读各项规定和要求,并结合实际案例进行生动讲解。

此次“送法规到一线”活动不仅提升了环境和流出物监测一线员工的遵纪守法意识,更进一步强化了一线人员的核安全底线思维。通过面对面的交流与互动,一线员工对辐射监测工作的意义有了更深刻的体会,对法律法规有了更全面的了解,将更加有效确保核电厂安全稳定运行,确保监测数据真实可靠。

米玉迎