

# 如何安全建设一座现代化核电站?

廉江核电实现冷却水可循环利用,打造“智慧工地”大数据安全质量态势感知平台



图为正在建设的廉江核电项目一期工程

湛江核电供图

◆本报记者邢彭

在广东省湛江市廉江核电的建设场地,建设中的超大型冷却塔已初现雏形。施工现场大大小小的车辆平稳穿梭,现场人员有序进行施工作业,这是记者近日在现场看到的景象。

我国在《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》中提出,要安全稳妥推动沿海核电建设,核电运行装机容量达到7000万千瓦。那么,如何安全、有序地建设一座现代化核电站?有哪些要素需要考虑?在技术上又有哪些突破?记者近日走进国家电投集团广东廉江核电项目一期工程的建设场地一探究竟。

## 科学选址,始终把安全放在第一位

要建一座核电站,科学选址是保障安全的关键。“核电站的选址有一套严格的法规标准体系,需要考虑区域能源需求、安全可靠、环境相容性和经济合理性等综合因素,包括地震地质、气象、水文等多方面情况。具体来说,需满足稳定的地震地质结构、适宜的气象环境、适合的水文条件、与危险源保持安全距离、远离人口聚集中心等基本条件。”国家电投湛江核电党委书记、董事长张震告诉记者。

从厂址普选到纳入规划,从论证评审到获得核准,广东廉江核电经过了11年的漫长进阶之路。2022年4月,生态环境部(国家核安全局)发布了《关于颁发〈广东廉江核电项目一期工程场址选择审查意见书〉的通知》,在气象、水文、地震地质和岩土工程等多项参数上通过了严格的核安全技

术审查。同年9月,广东廉江核电一期1号、2号机组获得国家核准。

“为安全有序推进核电建设,积极与公众沟通是开工建设前的另一项重要工作。”张震说。

为了让周边居民更好地了解核电、认识核电、支持核电,湛江核电对核电站附近5公里内的居民进行了挨家挨户的科普宣传。同时,在开工建设之前,每年邀请居民参观秦山核电站、海阳核电站,让大家亲身感受核电技术的清洁安全可靠,以及为当地发展带来的利好。

随着广东廉江核电一期1号、2号机组的开工建设,广东省湛江市廉江市车板镇有越来越多的居民选择在家门口参与核电建设。小镇也因此兴旺起来,路边一家家饭店陆续开业,一盏盏路灯照亮了新修的柏油路。

## 创新应用,实现冷却水可循环利用

“利用自然对流原理,空气自冷却塔下部进入,循环水自配水系统向下喷淋,通过水与气对流换热,蒸发散热对循环水进行冷

却,空气被循环水加热,形成水蒸气从而带走热量,同时水蒸气在塔顶遇冷凝结成水滴,回到冷却塔内。”湛江核电副总经理李强介

绍道。

廉江核电与以往核电站的不同之处在于,首次将国内火电行业的冷却塔应用到核电站,通过冷却塔将余热传导至大气,以大气作为最终热阱。

只交换热量,不交换物质,通过冷却塔冷却将对环境更加友好。他继续向记者介绍,将大气作为最终热阱有两个优势,一是取水量小,对区域洋流无影响。由于海水取水仅用于补充冷却塔的蒸发损失及排水损失,取水量大大减少,仅为同等规模

直流循环核电站的1/20,对区域洋流无影响,可有效避免海洋生物卷吸效应,有利于海洋生态环境的保护,保障核电厂取水安全。另一个优势是通过冷却塔排水可有效避免排水温升的影响,经过冷却塔冷却后与海水自然水体的温度相近,对海洋环境友好。

除了从设计上创新,廉江核电在建设过程中还在应用上实现了创新。核岛在施工时采用“模块化”拼接建造方式,将整个建筑分成多个模块,在工厂制造或拼装完

成后,再转移到施工现场组装。

“面对重达1000吨建筑模块的吊装和转运难题,我们还首创利用横跨反应堆厂房的大型龙门吊作为工程建设的吊钩,从而代替传统的大型履带吊。相较于履带吊,大型龙门吊安全性更好,抗风能力强,驻留状态抗风能力可达17级。吊机为门式结构,转场方便快捷,从驻留场地移动到吊装位置不超过30分钟,工作稳定性和安全性更好。”李强说。

## 科技赋能,“智慧工地”助力安全管理

两作业中的塔吊如何避免碰撞?在廉江核电的“智慧工地”中控室,大屏幕上,几十座施工作业中塔吊的可活动范围清晰可见。

“我们在每座塔吊上安装了传感器,智慧管理平台利用AI算法,根据每座塔吊的移动速度、方向和角度来识别和预测各自的行动轨迹,并提前预警避免发生碰撞。”李强向记者介绍。

为落实全链条安全责任,廉江核电还将建设工地分成若干个区域。“通过5G专网、云计算、大数据、物联网等技术在廉江核电建设工地实现了‘人、机、料、法、环’等关键要素的实时、智能监控和管理,全面提升风险管控能力和精细化安全管理水平。”李强说。

2023年,凭借廉江核电各功能模块与工程信息管理系统融合、积极探索打造“智慧工地”大数据安全质量态势感知平台等做法,广东廉江核电项目一期工程“智慧工地”建设获中国电力建设智慧工程年度五星典型案

例、全国电力行业工程建设管理创新二等奖,为业内提供了可复制、可推广的标准化“智慧工地”建设经验。

“我们还将进一步加强科技创新,积极探索人工智能应用等前沿技术在安全质量、环保管理方面的创新应用,提升本质安全水平,提高防范化解重大风险能力,打造大型清洁能源基地,进一步促进区域产业结构升级和能源系统绿色低碳转型,保障区域能源供应安全,助力我国‘双碳’目标早日实现。”张震说。

◆高德年 石伟力

广西壮族自治区近年来紧盯辐射安全风险对社会和经济发展的影响,在核与辐射安全隐患排查三年专项行动的基础上,建立核技术利用单位风险分级管理新模式,推动辐射安全监管与“双随机、一公开”管理要求有效衔接,突出精准监管、科学监管,为推进美丽广西建设筑牢辐射安全屏障。

## 建章立制明职责

为落实生态环境部《关于生态环境领域进一步深化“放管服”改革,推动经济高质量发展的指导意见》《关于进一步加强生态环境“双随机、一公开”监管工作的指导意见》,在对全区开展核技术利用单位辐射安全隐患排查整治和组织全区14个地市辐射安全交叉检查的基础上,广西壮族自治区生态环境厅于2023年3月制定并印发《广西壮族自治区辐射安全风险分级管理办法(试行)》《辐射工作单位辐射安全风险评估细则(试行)》。这一细则规定,对广西核技术利用单位实施高、中、低3个等级风险分级评估动态管理,明确了“双随机、一公开”中一般监管对象、重点监管对象、特殊监管对象在核技术利用方面的分类标准、依据及自治区、市级辐射安全监管单位的职责要求。核技术利用单位根据其核技术利用项目的类型、性质及管理状况等进行风险等级划分,其中特别融入核安全文化建设和管理层对相关工作的重视度等指标,实现监管部门对核技术利用单位风险的精准识别和重点监管。

## 摸清风险建名录

为切实摸清广西辐射工作单位风险等级,科学、合理、精准地做好辐射安全风险等级评估,广西结合长期以来核与辐射安全监管的工作经验,对照相关法律法规和检查程序,归纳整理出46项风险隐患指标项目,形成《核技术利用单位辐射安全隐患排查表》,并开展了为期近一年的辐射安全风险等级评估、名录创建工作,建立了核技术利用单位风险分级名录库。截至2024年3月底,全区14个市均建立了辖区内核技术利用单位风险分级名录库,纳入名录库的核技术利用单位共有2740家,列为一般监管对象(低风险单位)的有2585家、重点监管对象(中风险单位)的有140家、特殊监管对象(高风险单位)的有15家,分别占比为94.3%、5.1%、0.6%。

## 区分级别强监管

广西根据创建的风险等级名录库对核技术利用单位实施有针

# 广西落实辐射安全风险分级管理

今年已对十五家高风险单位和六十一家中风险单位开展监督检查

对性的差异化监管,使有限监管资源得到最大化利用,靶向追踪监控中、高风险核技术利用单位。在开展差异化监管过程中,对低风险单位,由各设区市生态环境主管部门随机抽查,对连续两年评价为低风险单位,监管部门可采用非现场检查的方式开展监督检查;对中风险单位,监管部门的辐射安全监督检查频次不少于每年一次;对高风险单位,监管部门辐射安全监督检查频次不少于每半年一次。为确保不遗漏,监管部门必须在《辐射安全许可证》一个许可周期内,对核技术利用开展至少一次辐射安全监督检查。

据统计,2024年以来,广西已对全区15家高风险单位和61家中风险单位开展了监督检查,随机抽查了169家低风险单位,连续7年实现辐射安全无事故。

## 我国掌握核电站商用堆生产医用裂变钼-99关键技术

将扭转长期依赖进口局面

本报讯 记者从中国核工业集团有限公司(以下简称中核集团)获悉,中核集团旗下中国原子能科学研究院(以下简称原子能院)与秦山核电开展合作,利用反应堆辐照自主研制的低浓铀靶件生产出满足医用要求、核纯度99%的钼-99样品,并顺利通过现场验收。这标志着中国成为世界上首个掌握核电站商用堆生产医用裂变钼-99关键技术的国家,有望扭转我国医用钼-99长期依赖进口的局面,实现医用钼-99国产化。

钼-99m的最佳来源。2021年,国家原子能机构等八部委联合发布的《医用同位素中长期发展规划(2021—2035年)》明确将实现钼-99的国产化作为重点发展任务。

原子能院在充分掌握低浓铀靶件制备技术的基础上,提出“利用高中子通量商用堆辐照低浓铀靶件生产医用钼-99”的全新思路。原子能院与秦山核电协同合作,先后攻克适用于堆辐照的低浓铀靶件设计与制备、靶件溶解、裂变钼-99提取、工艺设备研制等关键技术,并在中国核动力研究院等单位协助下完成相关工作,成功获得满足医用要求的钼-99样品,为我国自主工程化生产医用裂变钼-99奠定了技术基础。

程小雨



图为原子能院放射性同位素制备技术团队正在开展实验工作。原子能院供图

## 完成阳江核电基地辐射环境现场监督性监测系统预验收 华南监督站加强基地监督性监测系统运行监督

本报讯 为满足对阳江核电基地辐射环境的统筹管理要求,生态环境部华南核与辐射安全监管站(以下简称华南监督站)组织实施完成了阳江核电基地辐射环境现场监督性监测系统(补充)的预验收工作。

阳江核电厂辐射环境现场监督性监测系统自2014年建成投运以来,在保证阳江核电厂周围辐射环境安全方面发挥着重要作用。2021年,阳江核电基地新增中广核先进燃料研制中心,对现有监督性监测系统进行了补充建设。

华南监督站组织专家在现场踏勘监测子站,验证站点相关功能的基础上,对系统配套的文件资料进行了认真审议和讨论。通过对补充内容的硬件与人员配置、监测方案匹配性、运维管理及保障等项目的全面评估,验收组认为,阳江核电基地辐射环境现场监督性监测系统(补充)符合《阳江核电基地辐射环境现场监督性监测系统(补充)建设方案》及批复要求,可以投入试运行。

监督性监测工作是对核设施运行安全进行监督的重

要手段,营运单位要按照统一的方法标准开展监测,适时开展实验能力比对,确保监测数据真、准、全,客观、全面、及时反映辐射环境水平和变化趋势,为保障社会和公众的辐射环境安全提供强有力的技术支持。

华南监督站针对阳江核电基地多设施的现状和多源项的辐射环境特点,加强与省级辐射监测单位的工作交流和信息共享,按照职责进一步统筹做好基地监督性监测系统运行监督,切实保障系统稳定、有效运行。 梁昊飞

## 加强质量管理和过程控制 华北监督站严守核安全设备质量关口

本报讯 为持续加强民用核安全设备质量管理和过程控制,进一步压实持证单位主体责任,生态环境部华北核与辐射安全监管站(以下简称华北监督站)对国内某新持证单位承制的徐圩高温气冷堆项目蒸汽发生器用锻件首次制造活动进行了开工先决条件检查。

此次检查立足新取证单位对核安全法律法规理解不深、核质保体系运行经验不足等突出特点,按照民用核安全设备质量管理全过程控制和闭环管理的监督思路,从人员授权、设备检定、原材料复验、文件准备、工艺控制等

方面进行了严格把关,深入查找持证单位核安全责任落实过程中存在的薄弱环节和后续制造活动中潜在的质量隐患,查漏补缺,防微杜渐,确保其首次活动管理体系有效、系统设备可靠、人员能力胜任、技术成熟可行,为后续项目安全、顺利开展打下坚实基础。

下一步,华北监督站将持续推动监督检查与普法宣贯相结合,以查促学、以学促改,不断提升持证单位核安全文化水平和质量管理能力,特别是帮助每个核电“新兵”把好第一个关口,守住第一道防线,走好进入核安全设备领域的第一步。 李宁

## 砺山筑牢辐射环境安全屏障

助推辐射监管制度化、规范化、精细化、体系化

本报讯 今年以来,安徽省宿州市砀山县生态环境分局以绿色发展为导向,聚焦三大领域,持续加大辐射安全管理力度,助推辐射监管制度化、规范化、精细化、体系化,进一步筑牢生态环境安全屏障。

聚焦高质量服务,创优一流营商环境。督促各放射性同位素使用单位严格按照异地使用规范进行监管,落实放射性同位素异地使用登记、注销等管理制度要求。对办理辐射安全许可等业务的企业做到耐心解答咨询,一次性告知企业办理流程,严格审查环评文件、人员资质、仪器配备、规章制度、应急预案等各项要件及现场情况,从源头管控

辐射安全风险,严把业务行政审批关。2024年以来,共办理3家(次)辐射安全许可变更业务。

聚焦高效能监管,夯实企业规范运营。持续坚持落实“理性、协调、并进”的核安全观和相关政策,推进核与辐射安全监管工作,积极开展辐射环境安全隐患排查,对辐射安全许可证书办理情况、档案资料、年度评估报告、射线装置数量、防护用品等落实情况实地检查,并针对档案标准化、规范化等提出相关整改意见,督导企业严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》要求,规范电离辐射警示标识、个人剂量档案年度累计

等指标,切实加强核与辐射安全监管,拧紧企事业单位“安全阀”。今年以来,共检查15家核技术利用单位,出动40余人(次),发现问题20个,已全部完成整改。

聚焦高标准宣传,提升辐射安全意识。向企业转发辐射法律法规政策宣传资料,列举企业目前存在的环境违法风险点,提升企业安全意识。积极开展辐射安全宣传活动,向企业、群众科普辐射知识,采取多种方式提高群众对核安全的认知和理解,推动总体国家核安全观和核安全观深入人心,为全县核与辐射环境安全提供有力保障。 潘霁

## 西北监督站对青海开展辐射安全检查督导帮扶

从监测能力建设等六方面进行评估

本报讯 生态环境部西北核与辐射安全监管站(以下简称西北监督站)近日对青海省开展辐射安全监督检查督导帮扶,辐射环境监测与应急专项检查和辐射环境自动监测站(以下简称自动站)抽查工作。

西北监督站督导组听取了青海省生态环境厅关于省级生态环境部门辐射环境监测和应急工作情况介绍,从监测能力建设、国家辐射环境监测网运行维护、监测数据共享及公开、辐射事故应急、应急预案修订、应急培训与演练、应急设施设备运维等6个方面,对青海省辐射环境监测和应急工作进行了全面、系统、深入的评估,对两家省级生态环境部门、6家核技术利用单位进行了督导帮扶,并就2023年核与辐射安全监

管工作督导帮扶整改情况进行现场核实,对5个国控自动站的安保消防状态、电力通讯状况、仪器设备功能、数据传输和获取情况、日巡视月巡视年检记录等方面进行了全面抽查。

督导组指出,青海省生态环境厅高度重视辐射环境监测与应急工作,全省辐射环境质量监测、国控自动站运维、辐射事故应急体系与能力建设取得了良好的成效。面对新时期新要求,青海省生态环境厅要坚持创新引领,持续推进辐射监测能力建设,要强化底线思维,加强辐射应急演习计划制定和实施,要坚持问题导向,指导各市(州)强化辐射安全监管、监测和应急能力建设,压实主体责任,切实保障国控自动站稳定运行。 王兵毅