浙江打造城市放射性废物库管理“最强大脑”

依靠智慧实现三个100%目标

◆本报记者钱慧慧

近日清晨,一辆载有废旧放射源的运输车缓缓驶入位于浙江省杭州市临平区崇贤镇的浙江省城市放射性废物库。伴随机械臂精准抓取、智能核验仪自动核验源项信息、AGV智能叉车平稳搬运的操作,入库全流程一气呵成。

为深入贯彻落实国家关于提升核与辐射安全治理体系和治理能力现代化的战略部署,浙江省城市放射性废物库智能化改造项目于2024年9月正式立项,并于2025年年底顺利通过验收。项目运行半年来,已实现放射源收贮作业自动化率、全周期数据存储率、自动监控率三个100%目标,构建起一套技术适用、模式可行、管理规范的放射性废物库智能化管理体系。

▶图为浙江省城市放射性废物库内,相关设备按计划正常运行。 浙江省生态环境厅供图

◎重塑流程,智能设备独立完成全链条操作

放射性废物库的安全管理,历来是放射源安全监管的重要一环。废旧放射源具有辐射风险,收贮、搬运、码垛等环节若依赖人工操作,不仅效率低下,而且存在职业照射风险和人为失误隐患。如何打破传统管理模式的瓶颈?浙江用智能化重塑全流程给出了答案。

“重塑流程,是我们迈出的第一步。”浙江省生态环境厅辐射处处长李向华介绍,浙江构建了全流程自动化作业体系,集成视觉识别抓取、数字孪生建模、AGV无人搬运、放射源自动核验等先进技术。从废旧放射源卸车入库到最终封存入库,全链条操作均由智能设备独立完成,一线工作人员仅需在中控室内远程下达指令、监控作业流程,这最大限度地压缩了人员近距离接触放射源的时间与频次,从物理空间筑牢了职业辐射防护的第一道屏障。

针对以往放射源台账分散、纸质档案易丢失、流转信息难溯源的监管短板,浙江建立了废旧放射源智能收贮管理系统,覆盖企业申报、转运交接、入库核验、库存管理及最终处置等全过程。

“每一枚放射源从‘出生’到‘退役’,都有了属于自己的‘电子档案’。”李向华解释道。这套系统实现了数据的真实可溯,形成完整的“一源一档”,为废旧放射源的安全监管与处置提供了准确、全面的数据支持。

为确保入库环节绝对可靠,浙江自主研发了多参数核验系统,将核素识别、剂量测量、编码核对、拍照称重等功能集于一体。这套系统如同为入库放射源配备了一位严谨的“全科医生”,可以进行全方位、多维度的精准“体检”,切实保障了入库过程的准确性和可靠性,筑牢了安全运行的第一道关口。

◎全域统筹,构建协同智能运行体系

智能化改造并非单一设备的更新迭代,而是对业务流程、监管体系、运行模式的系统性重塑。浙江坚持全域统筹、系统推进的建设思路,着力构建一个全业务协同、全过程可视、全智能预警的协同智能运行体系,为废物库装上了“最强大脑”。

“这一体系的核心在于打破数据壁垒,实现业务协同。”李向华表示,项目对接“浙里辐安”政务平台,联通智能管理系统与现场作业终端,贯通企业申报、部门审批、任务调度、现场作业、信息归档全流程,并实现闭环管理。依托系统,送贮业务实现“零次跑”,真正打通了服务基层的“最后一公里”。

如果说业务协同是“大脑”的决策中枢,那么数字孪生技术构建的三维可视化模型就是“大脑”的“眼睛”。依托这一技术,库区环境、设备运行状态与废物存放情况得以实时动态呈现。“任务下发—方案生成—视觉引导机械臂抓取—自动核验—智能AGV机器人搬运—数据归档”,整个收贮作业流程实现了全过程可视、可溯。“工作人员仿佛拥有了‘透视眼’,可精准掌握库内一切动态,管理的精细度与效率实现了质的飞跃。”废物库管理人员王娟打了个比方。

更为重要的是,体系搭建了覆盖库区的智能感知网络,将辐射监测、视频监控等手段融合,实现了从“人工定期巡查”向“多维实时监控”的重要转变。智能感知系统如同遍布库区的“神经末梢”,能够敏锐捕捉异常信号并即时预警,变被动应对为主动防控,将安全隐患消灭在萌芽状态,极大地提升了安全运行的韧性。

◎模块规划,像“搭积木”一样调配资源

智能化改造不是终点,而是新的起点。浙江省城市放射性废物库在实现自身蝶变的同时,更注重前瞻性设计和经验总结,力求为全国同类设施提供一套“拿得走、用得上”的智能化升级方案。

“模块化设计,是我们留给未来的‘接口’。”李向华介绍,项目整体采用多个子系统模块化设计与标准化接口,支持功能组件按需部署与逐步扩展。这意味着不同地区、不同规模的废物库可根据自身管理需求与实际条件,像“搭积木”一样调配合适的模块,既节约资源,又避免重复建设。

智能化规划,是项目赋能作业层面的一大亮点。在接收到收贮任务后,系统可自动生成收贮方案,智能规划料框规格数量、源盒摆放位置及目标库坑坐标等关键信息。这一功能将工作人员从繁琐的人工规划中解放出来,大幅减少了工作量,同时有效避免了因人工经验差异或操作疏忽可能出现的误差,确保了收贮作业的科学性与准确性。

此外,系统自动汇总设备运行、作业记录和库存情况等关键数据。这些数据经过整合分析后,一方面,用于指导日常运维,提升精细化水平;另一方面,为设备维护、库存管理及监管决策提供科学参考,推动管理决策从“经验驱动”转向“数据驱动”,提升了管理的预见性和科学性。

展望未来,浙江将继续秉持“严慎细实”的工作作风和“纵深防御”的工作理念,持续深化人工智能等新兴技术在城市放射性废物库安全管理中的应用研究,不断筑牢城市放射性废物库安全运行的坚固防线,为全国辐射安全监管提供更加坚实的技术支撑和更多可复制、可推广的“浙江经验”,努力实现高水平核安全和核事业高质量发展的良性互动。

图为浙江省城市放射性废物库智慧化管理系统。 浙江省生态环境厅供图

核讯快览

专家研讨辐射环境监测技术

展望“十五五”辐射环境监测发展规划

本报讯 2026年全国辐射环境监测技术交流会近日在陕西省西安市召开,生态环境部核设施安全监管司、西北核与辐射安全监督站、核与辐射安全中心、国家海洋环境监测中心和各省辐射环境监测机构及浙江生态环境集团等单位的100余人参加会议。

会上,陕西省生态环境厅副厅长张金东致辞;生态环境部辐射环境监测技术中心总结了2025年自动站的运行情况,并通报了《国控辐射环境空气自动监测站运行管理实施细则》编制情况;生态环境部核与辐射安全中心解读了“十五五”时期国控网优化思路、省级辐射环境监测能力要求、国控老旧自动站升级改造及部属固定资产管理等相关情况;陕西省作大会典型发言。

小组讨论环节,各省参会代表紧扣“十五五”时期辐射环境监测发展规划、辐射环境自动监测站运维管理两大核心议题开展深入研讨,结合属地工作实际,分享现有工作成效、梳理现存难点问题,并围绕未来发展思路、重点任务、保障举措交流经验。

生态环境部核设施安全监管司相关负责人表示,我国核能与核技术利用事业已进入高质量发展阶段,辐射环境监测在核与辐射安全监管中的基础性作用更加突出。近年来,全国辐射环境质量监测网络持续有效运行,自动监测站运行管理机制逐步健全,监测数据获取率长期保持高位,特别是2025年全国自动站数据获取率达到99.25%,为近十年最高,成绩来之不易。

据了解,近年来,陕西省辐射监测能力不断提升,大气辐射监测体系建设基础扎实、运维管理规范高效,“十四五”时期辐射环境监测工作成效显著。陕西省充分发挥大气辐射环境自动监测站在环境监测体系中的“耳目”和“哨兵”作用,并不断创新探索,在自动监测数智化转型领域先行先试,搭建智慧监测管控平台,逐步在站点智能运维、数据融合分析、风险实时预警等方面形成可复制、可推广的成熟实践,具备鲜明的行业示范价值。

2026年是“十五五”规划落地实施起步之年,陕西省将从完善管理制度、压实主体责任、高标准统筹推进站点升级改造、系统化夯实人才队伍建设、深化辐射监测科研创新等方面进一步加强国控、省控辐射环境自动监测站运行管理,持续做好辐射环境监测工作。

胡静

徐大堡“电力高速路”成功送电

预计每年可外送百亿千瓦时绿色电能

本报讯 随着最后一组合闸指令下达,近日,总投资8.54亿元的辽宁徐大堡核电500千伏送出工程(一期)全线成功送电。

辽宁徐大堡核电500千伏送出工程(一期)是辽宁省“十四五”能源规划重点工程,项目建设全过程统筹多方力量,依托国网辽宁电力统筹调度、国网辽宁建设分公司精细化施工管理和国网葫芦岛供电公司属地全方位协调保障,高效推进全线施工、验收、送电全流程工作。这项工程是一条全长242公里、新建329基铁塔的“电力高速路”,专为徐大堡核电厂机组并网送电打造,构建起双回路、双通道并网格局,将徐大堡核电站与辽宁电网核心区紧紧连在一起。

目前,徐大堡机组还未发电,现阶段这条线路是给核电站反送电,配合电厂设备调试。线路现已完全具备承接徐大堡核电站3号、4号机组电力外送的能力,机组发电后将开始向外输电。徐大堡核电3号机组在6月2日顺利完成热态性能试验,为后续核燃料装载、并网发电奠定了坚实基础。徐大堡核电4号机组安装也正在全面进行。随着徐大堡核电3号、4号机组陆续投产,这条“电力高速路”每年可外送百亿千瓦时绿色电能。

据了解,辽宁徐大堡核电项目规划建设6台百万千瓦级压水堆核电机组,总装机容量超过760万千瓦,总投资达1400亿元。项目全部建成后,每年可提供近540亿千瓦时的清洁电力,年节约标准燃煤达1920万吨,年减排二氧化碳达5670万吨。

战卫民

吉安市构建专业监管+行政执法闭环模式

对企业违规使用放射源行为零容忍

本报讯“请停止作业,配合检查。”江西省吉安市生态环境保护综合执法支队执法人员日前联合吉安市生态环境与辐射监测中心监管人员,对吉安市永新县某企业开展专项执法检查。

在此前的日常监管中,吉安市生态环境与辐射监测中心发现一条可疑线索:这家企业疑似未经省级生态环境主管部门审批,擅自从外地转让并使用放射源。

“这台放射源何时引入?从哪家单位转让过来的?审批文号是什么?”面对执法监管人员的一连串追问,企业负责人支支吾吾,始终无法提供省级转让审批许可材料。

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第三十一条明确规定:“转让放射性同位素的,转入单位应当在每次转让前报所在地省级环境保护主管部门审查批准。未经批准不得转让放射性同位素。”据此管理办法,执法监管人员认定这家企业涉嫌违反上述规定。

随后,吉安市生态环境与辐射监测中心固定证据,将线索移交给执法支队,双方随即开展联合执法。执法监管人员抵达现场后兵分两路:一路直奔放射源存放与使用点位,用专业设备对辐射剂量进行检测;另一路查阅企业台账、转让合同、人员培训记录等文件资料。

经进一步核查,这家企业不仅未取得放射源转让审批许可,还存在辐射安全防护管理制度缺失、未配备专业辐射防护设备、操作人员未经辐射安全培训等问题。

执法监管人员在现场制作了勘查笔录与询问笔录,对企业放射源的位置和状态进行确认,并通过拍照、摄像固定证据,最终认定这家企业涉嫌存在未经审批擅自转让和使用放射源等违法行为。

“现责令你单位立即停止使用此放射源,限期整改所有安全隐患。同时,生态环境部门将依法对你单位存在的违法行为进行调查处理,请积极配合。”执法人员现场向企业负责人送达了相关法律文书。

从线索发现到办案取证,从隐患排查到督促整改,执法监管跑出了“加速度”。吉安市生态环境保护综合执法支队副支队长胡健俊介绍:“‘专业监管+行政执法’的闭环模式,实现了监管与执法的无缝衔接,大幅提升了打击辐射环境违法行为的精准度和效率。”

吉安市生态环境与辐射监测中心主任陈婷表示,今后将强化核与辐射安全日常监管,对涉源企业实施高频次巡查,重点排查放射源转让、使用、储存等环节的风险隐患,以“零容忍”态度严守辐射环境安全底线。

刘茂林

技术中心推动国家辐射环境监测网质效齐升

有效数据获取率再创新高

◆寇姝静

数据质量是辐射环境监测工作的生命线,准确、可靠、高质量的监测数据,是提升监测预警效能、及时反映辐射环境质量现状、强化监测工作公信力与权威性的核心支撑。

2025年,生态环境部、生态环境部辐射环境监测技术中心(以下简称技术中心)、地区核与辐射安全监督站和省级辐射环境监测机构凝心聚力、齐抓共管,在严格坚守数据质量底线的前提下,持续优化数据管理模式、完善质量保证方案,推动国家辐射环境监测网有效数据获取率稳步攀升至99.2%,再创历史新高。

构建全链条质控体系

质量保证方案是确保监测数据真实准确的核心抓手,制定目标明确、标准量化、覆盖全流程、闭环可追溯的质量保证方案,能从根本上守住数据质量底线。

技术中心打破传统“事后把关”的被动模式,转向“前置防控、全程管控”的主动治理。深耕辐射环境监测的每个环节,构建起一套科学、严谨、高效的全链条质量控制体系。

坚持“制度先行,对标提质”。严格对照国家最新生态环境监测标准规范,对现有质量保证方案进行系统性修订与完善,将各项标准要求细化分解到采样、样品处理、实验室测量、分析、报送等各环节,确保数据真实、可信。

人机协同提升效率

为破解海量监测数据复核工作量庞大、人为复核误差风险高的难题,技术中心积极推动技术赋能,引入智能化、自动化数据预审逻辑,将积累的质控知识经验、标准要求固化到数据复核模型,运用大数据分析、智能研判等技术,自动识别监测数据的逻辑错误、信息异常及历史数据突变等问题,大幅提升了数据复核的效率和精准度,切实保障了监测数据的客观性与公正性。

同时,坚守人工复核的“最后防线”。依托资深技术人员的专业素养和丰富经验,对复杂、高风险数据进行专业研判,确保数据的精准与权威。逐步形成“经验反哺模型,模型赋能业务”的良性闭环,实现数据质量与工作效率的双重提升。

有效数据获取率创历史新高

通过人机协同,2025年辐射环境手工监测数据及质量保证相关有效数据获取率创下历史新高。其中,涵盖环境质量监测、设施周围监督性监测的手工监测数据,有效获取率首次突破99%,各省份数据报送及时、质量良好,整体呈现稳步提升、全域向好的态势。

国控网高质量的监测数据,为精准分析辐射环境质量变化趋势、追踪辐射环境污染事件发展态势、加强重点核与辐射设施流出物排放等监管提供了坚实支撑,有效提升了决策的科学性、针对性和高效性。

今后,技术中心将持续深化数据复核机制改革,优化全链条质控,推动数智技术与监测工作深度融合,以更优的数据质量和工作效能,守护核与辐射环境安全。

联合营运单位开展拉网式排查

华东监督站全力保障徐圩项目安全度汛

图为现场监督员正在开展自然灾害应急物资配备情况检查。 牟童摄

本报讯 当前,江苏省连云港地区已全面进入主汛期。生态环境部华东核与辐射安全监督站(以下简称华东监督站)针对徐圩核能供热发电厂(以下简称徐圩项目)土建施工关键阶段深基坑防渗与高陡边坡稳定等风险交织叠加的实际情况,坚持底线思维,于近日组织开展汛期安全专项联合监督检查,推动营运单位防汛工作从“被动应对”向“主动预防”转变。

此次检查正值主汛期,施工风险管控难度大。华东监督站提前统筹谋划,系统梳理高风险点位与重点隐患部位,整合土建、安全、质量等多领域专业力量,直插施工现场,联合营运单位开展拉网式排查。

检查期间,华东监督站重点核查了灾害天气预警及施工管控、厂区排水系统、防汛应急物资储备、构筑物防雨防护等关键环节,对基坑防倒灌、边坡防坍塌、电气设备防潮绝缘等风险点进行了细致排查。针对发现的隐患,现场反馈问题,逐一明确整改标准与管控要求,确保责任到人、措施到位,推动防汛工作闭环落地。

华东监督站要求营运单位强化“防大汛、抢大险”意识,依托“一体化大监督”机制,对防汛重点隐患部位全面自查,实行清单化管理、动态化更新,常态化夯实汛期施工安全管控体系。

华东监督站将“严、慎、细、实”作风贯穿在建核电工程的监管全过程,坚持未雨绸缪、关口前移,压实营运单位主体责任,坚决筑牢核安全防线,全力确保徐圩项目平稳安全度汛。

牟童