

# 用科技守住辐射环境安全线

◎本报记者 李禾

日本福岛核污水排海引发了公众对核安全的高度关注。在国新办日前举行的发布会上，生态环境部部长黄润秋强调，核安全是核事业的生命线，也是国家安全的重要组成部分。多年来，我国核与辐射安全状况总体良好，未发生过国际核与辐射事件分级表二级及以上事件或事故。下一步，我国将严格落实核安全责任，全面提升核安全监管能力，严格开展核安全监管，强化核安全科技创新，确保核安全万无一失、绝无一失。

## 以安全为前提发展核事业

我国是核能、核技术的利用大国，大陆地区现有运行和在在建核机组77台，居世界第二位。我国还有16.5万枚在用放射源、24.8万枚废旧放射源和27.1万台(套)射线装置，放射源辐射事故年发生率保持低水平。

黄润秋说，我国将核安全纳入国家安全体系，上升为国家安全战略，始终以安全为前提发展核事业，经过多年努力，走出了一条中国特色的核安全之路。

从政策法规体系来看，我国已形成一套既接轨国际又符合国情的法规标准体系。2018年实施的《核安全法》，与《放射性污染防治法》是2部顶层法律，还有7部行政法规、28项部门规章、107项安全导则和千余项技术标准，确保核安全管理要求从高不从低、管理尺度从严不从宽。

生态环境部副部长、国家核安全局局长董保同说，经国务院批准，《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及2025年远景目标》发布实施，统筹推进全行业核安全能力水平。目前，我国已形成行业主管部门、安全监管部门、企业主体和地方政府分工明确，社会公众广泛参与的核安全体系，维护核安全成为全行业全社会的共同价值观和行为准则。

## 建立行之有效的监管体系

“我国建立了行之有效的核安全监管体系。”董保同说。据了解，为建立核安全监管体系，我国依靠审评许可实现源头严防，强化对核设施、核材料、核活动和放射性物质的安全管控，相关管控覆盖核设施选址、建造、运行、退役等全阶段；依靠监督执法过程实现严管，督促企业落实主体责任、持续健全安全管理和质量保证体系；依靠辐射监管实现环境保护，完成核基地与核设施放射性水平调查、污染源普查，建成全国辐射环境质量监测、重点核设施周围辐射环境监督性监测、核与辐射应急监测“三张网”；依靠经验反馈实现核安全水平持续提升，建成全国统一的



图为广东大亚湾核电站，这是我国大陆首座百万千瓦级大型商业核电站。

核电厂和研究堆经验反馈平台，全面完成日本福岛核事故后我国核设施安全改进、核与辐射安全隐患排查三年行动，并实施核能行业安全质量提升行动等。

红沿河核电厂位于辽宁省大连市。为全面系统掌握红沿河核电厂大围堰工程建设过程中海洋动力环境变化趋势，保障核电厂冷源取水安全，国家海洋环境监测中心组织开展了核电厂取水口精细化海流专题监测工作。据该中心公布的消息，监测工作采用声学多普勒流速剖面仪(ADCP)巡航与定点观测相结合的方式，准确获取核电厂取水口局部海域三维精细化流场结构，并精准确定取水口潮流周期典型时刻的流场结构，空间分辨率达5米，实现核电厂取水口主要通道全覆盖；准确确定核电厂取水口海流分布特征和生物入侵路径，为核电厂拦网布设风险生物、堵塞物打捞等风险防范工作提供技术支持。

今年夏季，持续的高温天气使核电站各厂房内温度升高，给设备的可靠、稳定运行带来了考验。大亚湾核电站配备了高精度的温度监测设备，用于实时监测关键设备和部件的温度。温度监测系统会将实时采集到的温度数据传输到中央控制室、监控中心，并通过数据智能分析系统进行分析和处理。

“该系统可实时监视温度变化，并对异常情况进行自动检测和智能诊断。如果系统触发报警，工作人员则会进行调查分析，制定落实处理措施。”大亚湾核电站日常生产管理副总工程师曹光炳说。

## 高水平科技提升监测能力

当前，我国已建成了国家、省和部分地市三级机构组成的辐射环境监测组织体系。其中，国家辐射环境监测网共布设1835个国控辐射环境监测点，覆盖了全国各地及以上城市、重要河流湖泊，国家重点监管核与辐射设施周边地区和其他重要边境地区，实时数据获取率稳定在97%以上。

生态环境部(国家核安全局)相关负责人表示，生态环境部高度重视日本福岛核污水排海问题。2021年、2022年先后组织开展了我国管辖海域海洋辐射环境监测，摸清了目前相关海域海洋辐射环境的本底情况。当前，生态环境部按照监控重点区域、覆盖管辖海域、掌握关键通道的思路，正在组织开展2023年度我国管辖海域海洋辐射环境监测。

为协助公众了解辐射环境变化情况，在生态环境部(国家核安全局)及辐射环境监测技术中心网站上，实时发布辐射环境自动监测站空气吸收剂量率监测数据。而蔚蓝地图等第三方网站也上线了“福岛环境样本辐射监测”地图，可查看青岛周边海水、海洋生物、海底土壤、降水等的辐射监测数据。

当前，辐射环境监测技术已较为成熟，比如用气溶胶、液体、固体采样器收集气体、水、土壤等物质，送到实验室进行检测分析。为进一步推进我国辐射环境监测技术发展，标准体系完善，生态环境部辐射环境监测技术中心开展了国家重点研发项目《主要人工放射性核素的跟踪监测技术和标准研究》、国家自然科学基金项目《我国辐射环境自动监测网数据质量关键科学问题研究》等，编制完成国家或行业标准20项，研发的全套首套空气在线自动监测系统仪器，提升了样品采集、处理和监测、预警等能力。

广东省环境辐射监测中心研发的新型中氚电解集仪、无人机放射源搜寻处置系统等，性能优越；四川省辐射环境管理监测中心站研发的水体放射性核素实时在线监测系统、高氧环境放射性气溶胶自动监测系统，填补国内多项技术空白；江苏省核与辐射安全监督管理中心研发的大体积放射性水样蒸发浓缩装置等实现了样品前处理的自动化，γ核素监测无人车可保障核应急时监测人员安全。

国家核安全局副局长、生态环境部核设施安全监管司司长江光说，推动核安全高质量发展，还要继续打造高水平科技，加快提升安全分析、经验反馈、海洋辐射环境监测、监督一线辐射环境监测等能力。

# 国际合作 促进泛第三极地区植物保护

◎本报记者 赵汉斌

不久前，来自12个国家和地区的200余名专家学者齐聚云南昆明，参加首届泛第三极地区植物多样性保护国际前沿学术研讨会，致力推动泛第三极地区植物多样性保护研究发展，促进国际学术交流。

泛第三极地区以青藏高原为核心，涵盖东亚、南亚、中亚和中东欧等地区，有世界上海拔最高、面积最大的高原和密集的全球生物多样性热点地区。

“加强交流，增进了解，建立合作，必将推动泛第三极区域协同创新，引领植物学及相关学科研究，促进泛第三极区域可持续发展和全球生态环境保护。”中国科学院院士、第二次青藏科考队长姚檀栋说。

中国科学院昆明植物研究所所长、第二次青藏科考植物多样性和可持续利用分队队长孙航指出，近年来，我国在泛第三极地区植物多样性形成演化等领域的研究处于全球领先水平，濒危植物及物种多样性丧失的速度正在得到遏制，植物多样性家底基本弄清楚，综合的植物多样性大数据平台正在建成与完善。

作为地球上最独特的地质—地理—资源—生态单元，青藏高原是开展地球与生命演化、圈层相互作用及人地关系研究的天然实验室。

我国于2017年启动第二次青藏科考。6年来，科考队探索了气候变化影响下亚洲水塔失衡的特征和影响，揭示了气候变化影响下青藏高原碳汇功能和变化特征；查明了青藏高原生态系统生物多样性变化，发现了青藏高原人类活动新证据。

“虽然成绩令人瞩目，但我们清醒地认识到，以青藏高原为代表的泛第三极地区生态环境发生了剧烈变化，如冰川退缩、冻土退化、泥石流频发、草地退化、生物多样性丧失等，这对人类生存环境和经济社会发展造成了重大影响。”姚檀栋说。

云南地处青藏高原东南边缘，是泛第三极地区重要组成部分。云南拥有最低海拔76米的河口县，和最高海拔6740米的梅里雪山卡瓦格博峰，地形复杂多样。

“云南的自然保护区数量位居中国第一。云南省高度重视和支持植物资源的调查、研究和保护工作。”云南省科技厅副厅长宋光兴说，区域内分布着中国科学院昆明植物研究所、西双版纳热带植物园等一批高水平科研机构，积极支持第二次青藏高原综合科学考察等重大任务，并将植物资源有关研究和开发作为云南省科技项目资助的重要方向。

长期以来，云南省积极推动生物多样性领域的国际科技合作，先后设立了一批国际科技合作基地、国际联合实验室等创新平台。而中国科学院昆明植物研究所与乌兹别克斯坦科学院植物研究所联合发起、共建的“全球葱园”等国际平台，以及与国内外合作伙伴联合发起的“山地未来”行动计划，则为搭建泛第三极地区相关研究机构的合作网络奠定了基础。

“国际合作提升了中国与各国在相关研究领域的研究水平，实现了共同发展。”宋光兴说。

## 广告

# 探秘广西电网新科技

9月16日至19日，在广西南宁举行的第20届中国—东盟博览会上，能源电力展区南方电网展出的多项科技创新项目受到关注。

无人机无线充电自主巡检、大功率电动大巴实现边走边充、“机器人”高空更换绝缘子……这些充满科幻感的“未来科技”如今在南方电网广西电网公司服务的区域已经实现。

近年来，南方电网广西电网公司深化创新项目“揭榜挂帅”机制，优化创新评价考核体系，加强知识产权和成果转化，推动科技创新工作不断取得新突破。

## 无人机自主巡检让检修人员不再跋山涉水

一架无人机执行了数公里配电网线路巡检任务后，电池显示电量不足，它寻找并停靠在一座安装在电杆上的“无人机停机坪”，进入无线充电模式。约30分钟后，无人机“满电复活”再次升空，继续按设定航线执行巡检任务。直至所有任务完成，这架无人机全程自动化不用人为干预。

这是南方电网广西电网公司最新研发的科技创新成果——“智能无线充电无人机及机巢”。8月9日，该项目通过广西机械工业联合会组织召开的鉴定会。鉴定委员会认为：“智能无线充电无人机及机巢”产品技术具有创新性，无人机无线充电技术方面达到国际领先水平，产品现场应用性能稳定、效果良好，具备工程应用及产业化条件。

近年来，为全面推动数字电网及新型电力系统建设，南方电网广西电网公司推进无人机在输变电领域的运用，建成“机巡为主、人巡为辅”的智能巡检模式，“机巡”替代“人巡”工作取得了长足发展。然而，利用无人机开展巡检工作，最大的困扰是无人机的续航问题。通常情况下，一块容量7000毫安时的电池，能让无人机快速

巡航约5至8公里。可电力线路往往有二十多公里，有的甚至长达上百公里，巡检人员就要在线路延伸处等候，不断更换电池，有时还要翻山越岭赶过去。另一方面，目前电力巡检主要采用飞手操作无人机巡检的工作方式，也无法满足智能巡检发展需求。

据介绍，解决无人机自主巡检痛点，目前主流方案有两种。一种是接触式充电。这种方式要求无人机精准定位才能顺利插拔充电插头，由于金属触点暴露在户外环境，还容易被氧化腐蚀和磨损导致充不上电。尤其南方“回南天”这样的潮湿天气，触点带锈蚀风险更是成倍增大。另一种是采用机械臂的机巢，让机械臂帮助无人机更换电池，但建设成本较高。

“我们有成熟的无线充电技术，为什么不运用到无人机巡检工作中，让无人机无线充电、自主续航呢？不仅提高效率，也可以降低巡检工人的劳动强度。”南方电网广西电力科学研究院陈绍南说。他和同事们决心探索将无线充电技术应用于无人机自主充电上，推动电力系统巡检技术向智能化发展。

可研发道路却一波三折。与无线充电汽车安装大型充电装置不同，加装在无人机上的无线充电装置，其重量大小直接影响无人机的巡航速度、续航时间、安全性和抗风等级等，如何既保证无线充电效果，又让无人机轻装上阵？“刚开始做的无线充电线圈是圆盘式，安装在无人机脚架底部，发现容易遮挡无人机摄像头旋转记录的‘视线’。改成螺旋管式线圈，解决了‘视线’问题，但重量并没有降下来，又继续攻关。”项目组对无线充电模式、装置构造、模块优化等开展深入钻研，反复试验、验证，不断推翻重来。

安装在电杆上的无线机巢，不仅是无人机避风挡雨的“家”，也是无人机休息补能的“充电站”，更是引导无人机工作的“大脑”，集多种功能于一体，国内外没有经验可借鉴。参与研

发的南方电网广西电力科学研究院莫宇鸿介绍说：“刚开始做出来的机巢体积大，重量达上百公斤，长宽高都接近1米。通过反复试验，在保障指令下达、数据传输稳定的基础上，不断优化机巢机械结构及空间布局，大幅缩减了体积，降低了成本。”

功夫不负有心人。2022年底，项目组成建配配线路无线充电无人机自主巡检示范工程，实现了无人机无线充电的稳定性与轻量化的统一，充电装置功率密度为1.5瓦/克，无人机充电最优效率达到91%，大幅提高巡检效率和巡检安全性。在实际运用中，得到运维人员的广泛好评。“自主巡检无人机只要下达命令就可以完成作业任务，中间不需要干预，也不用考虑电池电量不足等问题，极大解放了我们一线运维人员。”南方电网广西崇左左供电局变电管理所长龙巡维班甘杰说。

与传统接触式充电相比，无线充电具备无接触磨损、环境适应性强、使用寿命长、免维护等优势，避免了因接触不良、接口氧化等原因造成的无人机无法充电问题。“无线充电机巢解决了接触式充电经常出现的触点老化、防潮防尘性能差、对位不精准、充不上电等系列问题，彻底实现了无人机巡检过程快速补电。”南方电网广西河池东兰供电局城郊供电所配线路维护班班长何介绍说。

目前，这项科技成果已在南宁10千伏才忠线、河池东兰10千伏纳烈线、梧州藤县10千伏平政线开展示范应用，实现了后台实时监测无人机巡检作业、无人机多机巢自主巡检图片采集功能。下一步，还将计划在桂林漓江核心景区、崇左输配电一体化巡检示范区进行安装。

## 边走边充的电动大巴让驾驶员告别电量焦虑

一辆经过专门设计的电动公交车在无线充电试验车道行驶。与常规的

公交客车不同，这辆车不用加油，也不用停下来充电，可以边走边充。这是南方电网广西电力科学研究院的最新研究成果，在国内实现了大功率电动汽车边走边充的突破。

“车辆在无线充电车道上行驶1个小时可充电60度，3小时即可充满一辆大型电动公交车。”南方电网广西电力科学研究院吴晓锐介绍，该项目实现了功率效率的全面提升，额定输出功率达到60千瓦，充电效率也达到82.7%。南方电网广西电力科学研究院早在2012年就开始电动汽车移动式无线充电技术研究，并在2015年建成了电动汽车无线充电车道，实现了国内移动式无线充电示范工程领域的突破。

近年来，南方电网广西电力科学研究院专家团队继续攻坚克难，联合广西交投科技有限公司、重庆大学、宇通客车股份有限公司，在南宁市青秀区广西交投科技有限公司科研实验基地内建成了60千瓦电动汽车大功率移动式无线充电示范工程。该项目成果对推动电动汽车移动式无线充电工程应用具有显著的示范引领作用，为下一步开展成果转化及产业化奠定了基础。该技术将在快速公交车、旅游景区观光车、机场摆渡车等固定线路推广应用，并逐步推广到城市道路及高速公路应用，极大提高电动汽车的充电便捷性和灵活性，为电动汽车的推广普及提供了更加可靠便利的技术支持。

## “机器人”高空更换绝缘子

机器人乘坐绝缘斗臂车升至高空，靠近变电站龙门架的绝缘子串后，通过随身携带的工具包，一手固定要更换的瓷瓶片，一手旋转瓷瓶至合适的角度，左右手协同作业，拆除劣化绝缘子，安装新绝缘子，完成后自动收起工具包。整个过程左右手协同工作，

自如地旋转、卡位、拆除、安装，一气呵成。

这是南方电网广西电力科学研究院成功研制的变电站悬式绝缘子检测与更换机器人工作的场景。“相比传统人工检测，机器人对每片绝缘子片检测时间不超过10秒钟，并且实现了绝缘子的自主更换作业，一线工人的劳动强度有效降低，安全性得到极大提升。”南方电网广西电力科学研究院郭丽娟介绍说。

由于绝缘子架设在高空，绝缘子的低、零值检测以及劣化绝缘子的更换一直是电网运维工作的老大难问题，特别是对于变电站悬式绝缘子，重达上百斤的绝缘子串，日常维护需要多人高空高强度协同作战。“整个作业过程都在高空完成，如果在高温暴晒天气长时间开展这样耗体力、作业要求高、危险性高的工作，是十分辛苦的，这也是我们研发这个机器人代替人工作业的驱动力。”郭丽娟表示，作为保障电网安全运行的核心业务，电网设备运维存在危险性高、劳动强度

大等问题。针对这些问题，她牵头组建了技术攻关团队，开展“变电站悬式绝缘子检测与更换机器人”项目研发工作。

为了让机器人能灵活进行“手术”，郭丽娟和她的团队给机器人设计了5个能独立运动的关节，除了上下、左右、前后自由移动外，针对绝缘子串垂直度以及交叉角度的特殊性，项目组还专门设计让机器人拥有2个特殊的旋转关节，能自如旋转到合适的角度。在没有任何先例可以借鉴的情况下，郭丽娟带领团队集智攻关，最终成功研制出绝缘子检测与更换机器人系统，包括移动升降平台、双臂协同作业系统、专用作业工具包等。

这项技术成果依托广西重点研发计划项目和南方电网重点项目，突破了机器人在高空、狭窄空间、强电磁场等复杂环境下运动、感知、作业的关键技术，对机器人技术发展、智能电网技术进步和企业本质安全具有重要的推动作用。

图片及数据来源：广西电网



60千瓦等级电动汽车移动式无线充电示范工程，让大功率电动大巴实现边走边充。