

# 应对极端天气挑战： 炼化企业拥抱人工智能保障安全生产

## 编者按

每年的七八月是台风、雷电等灾害高发期,给炼化企业安全生产带来严峻挑战。中国石化炼化企业以人工智能为利器,准确研判雷电活动、实时追踪台风路径、高效监测水文气象数据,细致把控生产设施安全状态,展现出智能化手段在提升灾害预警精度、加快应急响应速度、增强风险防控能力等方面的优势,为炼化企业的安全生产提供了可靠保障。本版推出专题,展示部分炼化企业拥抱人工智能技术应对极端天气的精彩实践。

本版文图由 林铭彬 陈文 林珏 王冲 彭智 雷敏 黄煌 邓昊 汤智仁 柯裕清 刘佳欣 毕晓蕾 柯思远 提供

## 福建联合石化： 雷电预警系统变“被动抗雷”为“主动治雷”

福建联合石化雷电预警系统可提前5~30分钟预判雷暴生成,发出预警信号通知相关人员启动应急预案,降低危害程度。

福建地处东南沿海,是全国雷电高发区,年均雷暴日达60天以上。福建联合石化坐落在台风雷暴频繁的涠洲湾南岸,炼化一体化装置区、原油储罐区、码头装卸区等关键区域在台风雷雨季节面临雷击威胁。

面对极端天气高发挑战,福建联合石化率先引入人工智能雷电预警系统,打造“预测-防控-处置”一体化智能防线。构建网格化监测网,在厂区部署12台大气电场监测仪,构建0.5公里网格化监测网,通过长短期记忆网络(LSTM)实时解析电荷累积临界点,扭转传统“见闪才防”的被动局面。建立风险动态评估,将乙烯装置区、10万立方米原油储罐、LNG接收站等52个高风险单元坐标嵌入模型,实现雷击风险“一点一策”精准画像。形成预警应急机制,制定防治防汛预案,明确雷暴研判信息发送人

员。相关职能人员根据预警信息,优化生产调度,做好风险管控。

2023年8月,超强台风“杜苏芮”登陆福建,对生产运行带来极大威胁。台风登陆前,雷电预警系统提前35分钟发出预警;福建联合石化厂区东南侧储罐区将遭遇“云地闪”密集攻击,预测落雷密度大于12次/平方公里。该预警比省气象台预警提前了22分钟。该公司及时启动应急预案,各作业区域及时停止作业,电气团队安排专业人员针对重要的电气设备进行防雷、防水防潮检查,加强变电所及变压器室的电气巡查,电气管理人员带领保障人员应急待命。

福建联合石化雷电预警系统投用至今,将“被动抗雷”变为“主动治雷”,多次预判超强雷暴灾害,让藏在乌云里的风险得到有效防控。

## 茂名石化： 人工智能平台构筑数字化防灾屏障

茂名石化“智能运营中心2.0”集成“台风实时路径监测”功能模块,将复杂的台风路径、强度、影响范围及预测降雨等关键信息以简洁、直观的方式实时呈现;“智慧水务系统”能够预测台风强降雨可能引发的水质波动、系统负荷变化,以及潜在故障风险。

作为集团公司首家应用人工智能、数据资源中心及模块化开发高质量投用“智能运营中心2.0”的企业,茂名石化始终致力于防汛防风智能化实践。在沿海多台风复杂生产环境下,该公司通过数字化转型,实现了“一屏纵览全局、多维动态感知”的新型运营管控模式,突破了传统管理中信息滞后与决策效率的瓶颈,为安全生产与灾害防治注入核心科技动能。

“智能运营中心2.0”与“智慧水务系统”两大人工智能核心平台,深度融合物联网、大数据分析、AI大模型(长城大模型)、智能语音引擎、机理模型与智能优化算法等前沿技术。

“智能运营中心2.0”遵循“数据+平台+应用”架构,实现生产全要素全景集成与实时感知,构建从海上原油接卸、储罐调和到炼化装置运行的全流程可视化监控。其创新集成的“大屏AI问数助手”,基于长城大模型与语音引擎,支持用户通过全语音自然交互检索数据,并以“推理+图表+文字”的智能方式呈现结果,显著提升信息获取效率。

“智慧水务系统”则以“智慧循环水场”“智慧化学水场”“智慧污水处理场”三大模块为核心,覆盖关键水处理设施,通过部署15套水系统机理模型和11个智能算法的生产运行智能诊断模型,实现水务生

产的动态监控与风险预警、流程模拟与故障诊断、水质预测与智能调控、异常问题快速定位与排除,为水务管理奠定了坚实技术基础。

在应对汛期及台风灾害方面,两大人工智能核心平台构筑了强大的数字化防灾屏障。“智能运营中心2.0”的“台风实时路径监测”功能模块,针对大屏展示优化了界面与交互逻辑,使炼油、化工等生产单元的中控人员能第一时间通过运营中心大屏获取台风最新动态及预测信息,大大缩短信息传递链条,为厂区及时精准启动应急预案、部署防御措施赢得了时间。“智慧水务系统”通过机理模型与智能算法显著提升了关键水场在强降雨期间的智能化管理水平和异常处置速度。在这两大人工智能核心平台的助力下,该公司灾害事件响应速度提升至分钟级,台风防御效率大幅提升。

前不久,“韦帕”亚热带风暴初现时,“智能运营中心2.0”大屏就为炼油、化工等生产单元的中控人员清晰呈现“韦帕”的实时动态与预测轨迹,确保关键信息直达一线,为厂区争取到应急响应时间。同时,“智慧水务系统”基于机理模型预测强降雨期间的水质、水量波动对后续工段运行风险的影响,实时预警生化工艺段各工艺参数变化,为有效保障水系统安全稳定运行提供了重要数据支撑。

## 安工院： 智能雷电监测预警系统提高有效预警率

多维多参量智能雷电监测预警系统可实现探测区域未来30分钟内雷电临近预警、雷电定位、雷云运行趋势预测等的精细化预报,系统平均有效预警率达90%以上。

雷电灾害被联合国列为“最严重的十大自然灾害之一”,也是危化品行业火灾爆炸主要致灾因素之一。雷电的早期监测预警对增强雷电灾害应急响应能力、预防雷击事故意义重大。

为此,安工院自主研发了具有自动校准功能的防爆型固态电子开关式大气电场传感器,开展闪电电检测法雷电预警模型研究,研发出稳态电场(雷云背景)和动态电场(闪电活动)信号分离技术,并制定了以动态电场的波动频率、幅值为主要参数的预警判别方法,提高了雷电预警准确率。安工院还基于小波分析、权重分析、决策树和智能云计算等方法,建立了大气电场数据、卫星云图信息、闪电定位数据、多普勒雷达反射率回波数据和风场数据等气象信息融合算法,研发出基于大数据云计算和移动应用的多维多参量智能雷电监测预警系统。该系统具备雷电预警阈值自适应动态调整、综合预警值

自动加权运算、探测器自适应组网、异常工况点自动剔除等功能。

目前该系统已在中国石化、中国石油、中国航油、山东省港口集团、天津港口集团的油气储存基地、石化厂区、油品码头等地推广应用600余套。

此外,安工院还成功建立企业雷电预警与应急响应联动机制,实现按预警级别启动预案、敏感装置联动控制和现场高效指挥调度,能够提供精准预警和雷云轨迹信息支持灾害损失评估,大幅增强了炼化企业在雷电灾害天气下的安全生产保障、风险管控和应急响应能力。

该成果获得中国石化科技进步二等奖、中国石化创新创业大赛二等奖、青岛市科技进步二等奖,入围中央企业熠星创新创业大赛,并入选应急管理部《安全生产重大事故防治关键技术科技项目目录》、科技部《推广先进与淘汰落后安全技术装备目录》。



上海石化员工利用水文气象监测系统观察台风“韦帕”的卫星云图。



茂名石化员工利用智能运营中心2.0防汛防风智能化平台监控台风暴雨信息。



福建联合石化员工根据雷电预警系统信息提示,对关键设备进行防雷接地检查。

## 评论

## 科技赋能筑牢安全防线

□本报记者 雷 蕾

当前,极端天气的频繁来袭成为炼化企业安全生产的严峻挑战。洪水、台风、雷电……如同高悬的达摩克利斯之剑,时刻威胁着炼化企业的平稳运行。中国石化炼化企业借助人工智能等前沿技术,把“人防”升级为“智防”,为企业高质量发展筑牢安全防线。

精准预警是前提。福建联合石化的雷电预警系统,借神经网络解析雷达数据,提前捕捉雷暴“胚胎”;安工院的智能监测系统融合多维气象信息,平均预警准确率超90%。这些技术突破传统局限,为企业争取了宝贵的应对时间。

高效响应是核心。茂名石化“智能运营中心2.0”实时捕捉台

风动态,“智慧水务”系统预判水质风险,将应急响应提速至分钟级。中韩石化的储罐监测雷达,穿透火焰捕捉细微形变,让险情处置更精准。

风险防控是目标。从福建联合石化对52个高风险单元实施“一点一策”的动态评估,到上海石化气象数据监测系统联动预测污染物扩散趋势,科技支撑下的风险防控已形成完整闭环,推动企业从“见险才防”的被动模式,转向“未险先防”的主动防控,从根源上降低极端天气引发安全事故的概率。

实践证明,科技是炼化企业抵御风险的硬核力量。持续深化数字化应用,才能让炼化企业的安全生产防线更牢固,为能源保供提供坚实保障。

## 中韩石化： 储罐火灾形变监测雷达为储罐健康做诊断

储罐火灾形变监测雷达系统是我国自主研发的系统,能在每秒级周期内完成扫描,精准捕捉储罐表面0.1毫米级的形变位移,并能直观显示目标表面位移数据。其内置的AI分析模块,可自动比对历史数据模型,有效识别危险结构形变,堪称储罐健康的“CT智能诊断仪”。

夏季是石化企业防雷防火的关键期。雷电击中储罐可能引发火灾,而高温和火焰会导致罐体材料膨胀、形变甚至破裂,而传统的监测手段,如红外热像仪无法穿透火焰,激光测距仪又易受烟雾干扰,往往在关键时刻“失灵”。

今年4月,中韩石化应急救援中心引入储罐火灾形变监测雷达系统。该系统技术优势体现在三个方面:一是抗干扰能力强。雷达选用高频电磁波,能够有效穿透火焰等离子体和烟雾,避免信号衰减。二是高温适应性突出。雷达采用耐高温天线罩,即便在80摄氏度以上的火场环境中,仍能持续工作。若火势过大,系统还可部署在200米外,远程监测覆盖危险区域。三是预警响应快。一旦检测到储罐形变超阈值,系统会通过云端平台自动触发警报,指导救援人员优先处置高风险点位。在6月国家组织的“应急使命·2025”大型应急救援演习的“球形储罐喷射火灾扑灭”科目中,该人工智能技术展现出独特价值——消防员依托雷达实时传回的罐体倾斜数据,精准调整灭火角度,缩短了火灾扑救时间,有效增强了应急救援能力。

实际运行以来,储罐火灾形变监测雷达已多次提前预警储罐因高温导致的微小形变,避免了潜在的结构性风险。这种“监测-预警-处置”的闭环管理,使中韩石化的储罐区火灾发生率同比下降,推动了企业从“人防”到“智防”的转变。

## 上海石化： 水文气象数据监测系统守牢警戒水位

水文气象数据监测系统从传统的机械式测量升级到电子传感器24小时实时监测,数据的读取和输送也从人工读取升级到自动采集、自动传输,加上中央气象台的气象卫星云图数据接入,组成了感知和分析水文气象数据的“智慧神经网络”和“智慧大脑”,提高了预警的准确性和及时性。

上海地处杭州湾北部,夏季易受台风带来的恶劣天气影响。对厂区范围内拥有9公里海岸线及多个化工海运泊位的上海石化来说,通过水文气象数据监测,结合国家气象局发布的卫星云图,综合研判台风对厂区的影响并提前采取措施,十分必要。

台风天气经常带来10级以上的大风。水文气象数据监测系统能快速捕捉风速变化,在风力达到8级时及时预警,提示工厂停止高空作业,并加固高空设备,避免大风带来的次生事故。台风外围地区的风向、风速也更容易发生突变。通过水文气象数据监测系统的预警,工厂能将预警信息与厂区边界的挥发性有机物在线监测设备联动,动态预测污染物扩散趋势,避免突然改变的大风干扰工厂对污染物的有效治理。同时,台风会导致海水潮位出现涨潮现象,如果台风登陆时间与月球引力对杭州湾潮位影响的时间同步,也就是出现天文大潮叠加台风带来的潮水时,工厂的排涝系统将面临严峻考验,通过水文气象数据监测系统可以预判,有效提高对台风天气的应急响应速度。

2024年,强台风“贝碧佳”以14级超强风力正面登陆上海。根据水文气象数据监测系统的相关数据,上海石化准确预判,指挥工厂泵房提前降低河道水位,并在台风登陆期间有序启停泵区水泵,牢牢守住了警戒水位,经受住了考验。



中韩石化应急救援中心员工使用边坡雷达监测塔体情况。