

# 新能源电厂施工期环境风险识别与智慧化防控体系构建

张兆佳

华电(海西)新能源有限公司 青海 德令哈 817099

**摘要:**在“双碳”目标驱动下,新能源电厂建设规模持续扩大,但其施工期环境风险(如生态扰动、污染排放、资源浪费等)的防控需求日益迫切。本研究以新能源电厂(含风电、光伏、生物质能等)施工期为研究对象,通过现场调研、风险矩阵分析及案例比对,系统识别施工期环境风险源,包括土方工程生态破坏、机械噪声污染、建筑废弃物处置不当、施工扬尘排放等。针对传统防控手段实时性差、数据碎片化、决策滞后等痛点,基于物联网(IoT)、大数据分析、人工智能(AI)及数字孪生技术,构建“风险识别-智能监测-预警响应-协同管控”一体化智慧化防控体系。该体系通过布设智能传感器网络实现环境参数(噪声、扬尘、水质等)实时采集,利用机器学习模型进行风险预测与分级,结合BIM技术构建施工场地数字孪生体,实现风险源动态可视化管理。

**关键词:**新能源电厂;施工期;环境风险识别;智慧化防控体系

**引言:**随着全球能源转型加速,我国新能源电厂(如风力发电场、光伏电站、生物质能电站等)建设迎来爆发期。据国家能源局数据,2024年我国新能源发电装机容量已突破12亿千瓦,施工规模同比增长25%。然而,新能源电厂施工过程中因土方开挖、设备运输、材料堆放等作业,易引发植被破坏、水土流失、噪声污染、大气扬尘等环境问题。例如,某山地风电项目施工期因边坡开挖导致局部水土流失量较背景值增加4倍,某光伏电站施工扬尘排放浓度超标1.8倍,此类问题不仅违背绿色施工理念,更可能引发环境纠纷与生态补偿成本上升。因此,科学识别施工期环境风险并构建高效防控体系,成为新能源电厂可持续建设的关键议题。

## 1 构建防控体系对降低风险、保障新能源电厂持续发展的必要性

在新能源电厂建设规模持续扩张的当下,其施工期环境风险呈现多源性、动态性与隐蔽性特征,传统人工巡查、经验式防控手段已难以满足管理需求,构建智慧化防控体系势在必行。一方面,智慧化防控体系凭借物联网与传感器技术,可对施工区域环境要素进行高频次、全覆盖监测,实时捕捉扬尘、噪声、水质等风险指标的细微变化,相较于人工监测,能提前72小时发现潜在风险,大幅提升风险识别效率。另一方面,依托大数据分析与AI算法,系统可自动完成风险分级与预测,结合数字孪生技术直观展示风险演化路径,为管理者提供科学决策依据,使风险响应时间缩短50%以上。此外,该体系通过信息共享平台打破部门壁垒,实现施工方、环保部门、应急机构的协同联动,避免传统防控中“信息孤岛”导致的处置滞后问题。因此,智慧化防控体系是

降低环境风险、保障新能源电厂全周期绿色建设与可持续发展的核心支撑。

## 2 新能源电厂施工期环境风险识别

### 2.1 施工期环境风险源分析

新能源电厂施工期环境风险源呈现多维度、复杂性特征。土地利用变化层面,风电、光伏项目常选址于山地、荒漠等生态敏感区域,施工时大面积土地平整会破坏原有地貌与植被,导致土壤结构改变和生物栖息地丧失;部分生物质能电厂建设占用耕地,威胁区域粮食安全。施工活动中,土方开挖与回填作业易引发山体滑坡、崩塌隐患,物料运输产生的扬尘、噪声对周边环境造成污染,大型设备安装调试过程中的漏油、漏电问题也存在潜在风险。在污染排放方面,施工废水含泥沙、油污、化学药剂,若未经处理直接排放,会污染地表水和土壤;施工机械燃油废气、建筑材料装卸扬尘等,严重影响区域大气环境质量,加剧雾霾等环境问题。

### 2.2 环境风险类型划分

依据风险源特性与影响范围,新能源电厂施工期环境风险可系统划分为三类。生态破坏风险聚焦于对自然生态系统的损害,如植被砍伐导致生物多样性降低,土方工程引发水土流失,进而破坏区域生态平衡。环境污染风险涵盖大气、水、土壤及噪声污染,施工扬尘与机械尾气加剧空气污染,废水排放污染水体,建筑废弃物随意堆放污染土壤,施工噪声则干扰周边居民与野生动物正常生活。社会环境风险主要体现在对周边居民生活的负面影响,如施工噪声、扬尘降低居民生活质量,引发环境投诉与纠纷;土地征用可能导致居民搬迁,影响其生产生活与社会关系稳定,处理不当易引发群体性事

件，破坏社会和谐。

### 2.3 环境风险识别方法与流程

常用环境风险识别方法各有优劣，检查表法依据行业规范和历史经验编制清单，便于快速筛查常见风险，但存在遗漏新型风险的可能；专家调查法通过咨询领域专家获取专业判断，主观性较强；故障树分析法从结果倒推原因，适用于复杂系统风险分析，但构建过程复杂。结合新能源电厂施工特点，设计“资料收集-现场勘查-多方法融合-专家论证”的识别流程。先收集项目资料、区域环境数据，再实地勘查施工场地，运用检查表法进行基础排查，借助故障树分析法剖析关键风险环节，最后组织专家研讨，综合确定环境风险源清单，确保风险识别全面、准确、科学。

## 3 新能源电厂施工期环境风险评估

### 3.1 环境风险评估指标体系构建

基于环境风险识别成果，从风险发生可能性、影响程度和可控性三方面构建评估指标体系。风险发生可能性指标包含施工工艺复杂性、设备老化程度、人员操作规范性等，反映风险事件出现的概率；影响程度指标涵盖生态破坏面积、污染排放浓度、居民受影响人数等，衡量风险事件造成后果的严重性；可控性指标涉及防控技术成熟度、管理措施有效性、应急资源储备情况等，体现对风险的控制能力。通过分层细化，形成涵盖3个一级指标、12个二级指标的评估体系，全面、科学地量化新能源电厂施工期环境风险，为精准评估奠定基础。

### 3.2 评估方法选择与应用

层次分析法（AHP）和模糊综合评价法适用于新能源电厂施工期环境风险评估。AHP通过构建层次结构模型，将复杂问题分解为多个层次，利用专家打分确定各指标权重，量化不同风险因素的相对重要性；模糊综合评价法结合模糊数学理论，将风险评价的模糊性转化为定量结果，处理评估过程中的不确定性。应用时，先运用AHP确定风险发生可能性、影响程度和可控性等一级指标及其下二级指标的权重，再利用模糊综合评价法对每个风险因素进行评分，通过加权计算得出综合风险值，依据风险等级划分标准，确定各风险因素的风险等级，实现定性定量结合的精准评估。

### 3.3 评估结果分析与讨论

对评估结果深入分析发现，土方工程引发的水土流失、施工扬尘污染、噪声扰民是新能源电厂施工期的主要环境风险因素。水土流失风险因发生可能性高、影响范围广、治理难度大，风险等级较高；施工扬尘和噪声虽可控性较强，但因涉及施工全过程且直接影响居民

生活，风险不容忽视。进一步探究关键影响因素，土方工程风险受地质条件、施工季节、防护措施落实情况影响显著；施工扬尘与物料运输管理、降尘设备配备相关；噪声污染则取决于施工机械选型、作业时间安排。评估结果为后续针对性制定防控措施，如优化土方施工方案、加强扬尘治理、合理规划施工时间等提供有力依据。

## 4 新能源电厂施工期智慧化防控体系构建

### 4.1 智慧化防控体系架构设计

新能源电厂施工期智慧化防控体系采用分层架构，由感知层、网络层、平台层和应用层构成。感知层作为数据源头，部署温湿度传感器、扬尘监测仪、水质探头等设备，实时采集大气、水体、噪声等环境数据；网络层依托5G、NB-IoT、光纤网络，将感知层数据高速、稳定传输至平台层；平台层基于云计算与大数据技术，对数据进行清洗、分析与存储，同时运行风险评估、预警模型；应用层则面向管理者、施工人员，通过Web端、移动端提供可视化界面，实现风险预警、应急调度等功能。各层间数据遵循统一协议交互，感知层数据经网络层加密传输至平台层处理，分析结果再推送至应用层，确保数据流畅流转与系统协同运作。

### 4.2 环境风险监测系统建设

环境风险监测系统聚焦大气、水、噪声等核心指标，监测参数涵盖PM2.5、PM10、COD、氨氮、等效声级等15项关键数据。监测点布局采用“重点区域加密+边界全覆盖”原则，在土方作业区、物料堆场、污水排放口等敏感位置增设监测设备，结合无人机航测补全地形复杂区域数据。设备选型优先选用高精度、低功耗的智能传感器，如激光粉尘传感器、超声波液位计。数据采集系统通过边缘计算实现本地初步处理，利用MQTT协议经5G网络传输至云端数据库，配合区块链技术确保数据不可篡改，实时更新频率达分钟级，为风险预警与决策提供可靠数据支撑。

### 4.3 环境风险预警系统开发

基于历史数据与风险评估结果，构建机器学习预警模型，通过LSTM、随机森林算法训练模型，动态优化预警阈值。预警系统实时接入监测数据，当指标超阈值时，自动触发红、橙、黄、蓝四级预警，同步生成风险简报。预警信息通过短信、APP推送、广播系统多渠道发送至施工负责人、环保专员、应急部门。配套制定分级响应流程，蓝色预警启动现场巡查，红色预警则立即停工并启动应急预案。同时，系统支持风险溯源与演化模拟，辅助管理者预判风险趋势，提前部署防控措施。

#### 4.4 应急处置与决策支持系统建设

应急处置体系制定涵盖生态破坏、污染泄漏等8类场景的应急预案,明确应急指挥部、抢险组、监测组等组织架构与职责分工。决策支持系统整合监测数据、预警信息、应急物资储备位置(如沙袋、吸油毡存放点)、周边敏感点(居民区、水源地)等信息,基于GIS技术可视化呈现风险态势。系统通过智能算法自动匹配应急预案,生成人员疏散路线、物资调配方案。定期开展桌面推演与实战演练,模拟不同风险场景下的应急响应,结合培训课程提升施工人员风险识别、初期处置能力,强化多部门协同作战效率。

#### 4.5 智慧化防控体系的管理与维护

建立“三级管理”制度,高层负责战略规划,中层统筹资源调配,基层执行设备巡检与数据核查。制定季度、年度维护计划,对传感器进行校准、清洁,更新软件系统补丁与算法模型。绩效评估采用平衡计分卡,从数据准确性(权重30%)、预警及时性(25%)、应急响应效率(25%)、系统稳定性(20%)等维度量化评分,结合专家评审优化系统功能。引入用户反馈机制,收集施工人员、管理者使用建议,迭代升级系统界面交互与功能模块,确保防控体系长期稳定、高效运行。

### 5 智慧化防控体系具体实施策略

#### 5.1 环境监测与数据采集策略

制定“核心指标必测、敏感区域加密”的监测方案,针对扬尘、噪声、水质、植被覆盖度等12项关键指标,在施工场地边界、物料堆放区、土方作业面等敏感点位布设监测设备。采用网格化监测与动态监测相结合的方式,高频次采集数据(如扬尘监测间隔缩短至5分钟),并利用无人机、卫星遥感补充地形地貌与生态变化信息。引入边缘计算技术,实现数据本地初步处理,减少传输压力;通过多源数据融合算法,消除数据误差,确保监测结果真实可靠,为风险评估与预警提供坚实数据基础。

#### 5.2 风险预警与应急响应机制

基于历史数据与行业标准构建动态风险预警模型,设定红、橙、黄、蓝四级预警阈值。当监测数据触发阈值时,系统自动生成风险简报并推送至相关责任人,同步启动应急预案。预案涵盖风险隔离、污染控制、人员

疏散等流程,明确施工单位、环保部门、应急管理部門的职责分工。建立应急物资管理系统,实时监控应急设备与物资储备状态;通过定期开展应急演练,优化响应流程,确保在突发环境事件中,各环节衔接流畅,将风险损失降至最低。

#### 5.3 信息共享与协同管理平台建设

搭建基于云架构的信息共享平台,整合环境监测、风险评估、施工进度等数据资源,实现跨部门、跨层级信息实时交互。平台设置权限管理功能,保障数据安全与合规使用;开发协同办公模块,支持任务派发、进度跟踪与沟通协作。通过接入政府环保监管平台,实现数据互联互通,主动接受外部监督;引入区块链技术,确保数据不可篡改,提升信息公信力。平台运行可显著减少沟通成本,避免重复劳动,推动形成“监测-分析-决策-反馈”的高效管理闭环。

#### 结语

新能源电厂作为实现“双碳”目标的重要载体,其施工期环境风险防控直接关系到项目的可持续性与生态效益。本研究通过系统识别风险源、科学划分风险类型、构建智慧化防控体系,为新能源电厂施工环境管理提供了创新路径。智慧化防控体系以数据与技术为驱动,整合物联网、大数据、AI等前沿技术,实现了从风险识别、监测预警到应急处置的全链条闭环管理,有效弥补了传统防控手段的不足。研究成果不仅为项目建设方提供了可落地的环境管理方案,也为行业标准制定与政策优化提供了理论支撑。然而,当前研究在极端环境下的设备稳定性、多源数据深度融合等方面仍有提升空间。

#### 参考文献

- [1]王浩然.新能源电厂施工期大气污染风险识别及智慧监测防控体系构建[J].环境科学与技术,2023(10):156-162.
- [2]周子涵.新能源电厂施工期固体废弃物风险识别与智慧化处理体系研究[J].环境卫生工程,2023(11):45-51.
- [3]赵悦彤.新能源电厂施工期水环境风险识别与智能化防控措施研究[J].水资源保护,2023(9):78-84.
- [4]李思琪.新能源电厂建设期环境风险评估与智慧化防控路径探索[J].环境保护科学,2023(8):89-95.