

风电项目安全环保管理实践探析

杜格根

内蒙古华电锡林浩特新能源有限公司 内蒙古自治区锡林浩特市 026099

摘要：随着“双碳”战略目标的深入推进，风电项目在快速发展过程中面临安全管控与环保治理的双重挑战。当前部分风电项目存在安全管理机制不完善、环保措施落实不到位等问题，对项目可持续运营产生不利影响。

关键词：风电项目；安全管理；环保管理；全生命周期；新能源发电；风险防控

1. 引言

1.1 研究背景与意义

在全球能源结构向清洁低碳转型的进程中，我国风电产业实现规模化发展。截至2023年底，全国风电累计装机容量已达4.5亿千瓦，在全国发电总装机容量中的占比提升至18%，成为新能源发电领域的重要支柱。然而，风电项目建设与运营过程中仍面临显著安全隐患与环保压力：2023年全国范围内共发生23起风电项目安全事故，主要诱因集中于设备运行故障与高空作业坠落；同时，部分项目因生态保护措施不达标、污染物处置不规范被监管部门要求整改，直接影响项目建设进度与运营效益。

2. 风电项目全生命周期安全环保管理重点分析

风电项目从前期规划到最终退役的各阶段，安全风险特征与环保影响维度存在明显差异，需结合阶段特性制定差异化管理措施，实现全流程风险可控、环保达标。

2.1 规划阶段：源头把控合规性与生态安全性

安全管理重点

选址安全评估：需避开地质灾害高发区域（如滑坡、泥石流活跃地带）及强台风频繁影响区域，确保项目选址地质稳定性；针对沿海风电项目，需专项评估风暴潮、海浪冲击对风机基础结构的影响，模拟极端气象条件下设备抗风能力。

电网接入规划：结合区域电网现有承载能力与未来扩容计划，科学设计并网方案，避免因并网参数不匹配导致电网频率波动、输电设备过载等安全隐患，保障电网运行稳定性。

2.2 施工阶段：强化过程管控与污染防治

施工阶段是风电项目安全事故与环保问题的高发期，需围绕“人、机、料、法、环”五大要素构建全方位管理

体系：

安全管理重点

高空作业安全：针对风机塔筒安装、叶片吊装等高空作业场景，严格落实“双重预防机制”，作业人员必须持有效特种作业证书上岗，配备符合标准的防坠落装备（如双钩安全带、安全绳），并在作业区域下方设置硬质隔离警戒区，严禁非作业人员进入。

设备安装安全：风机主轴、齿轮箱等大型设备运输过程中需采用专用固定支架，确保设备稳固无位移，避免运输途中因颠簸导致设备倾覆；安装环节需严格按照技术规范执行，精准控制设备对接精度，防止因操作不当引发设备碰撞损坏。

2.3 运营阶段：聚焦设备运维与持续环保监测

运营阶段是风电项目安全环保管理的长期核心环节，需在保障发电效率的同时，实现风险动态防控与环保持续达标：

安全管理重点

设备运维安全：建立风机核心部件定期检测机制，采用无人机巡检技术排查叶片表面裂纹，通过油液分析技术监测齿轮箱磨损程度，及时发现设备潜在故障；制定设备故障应急预案，明确风机骤停等突发情况的断电、检修操作流程，避免引发二次安全事故。

电网并网安全：配置无功补偿装置与谐波治理设备，确保并网电能质量符合GB/T 19963-2011《风电场接入电力系统技术规定》要求；建立风电场与电网公司的故障联动响应机制，当电网出现电压波动、频率异常等情况时，风电场可快速调整出力或实现安全解列，保障电网稳定运行。

2.4 退役阶段：落实设备回收与场地修复

风电项目退役期（通常为20-25年）的安全环保管理

易被忽视，需重点关注设备拆除安全与场地生态恢复，避免遗留环境隐患：

安全管理重点

设备拆除安全：风机、塔筒等设备拆除需委托具备相应资质的专业单位实施，提前制定专项拆除方案，明确拆除顺序、安全防护措施与应急处置流程，防止设备坍塌、高空坠落等事故；拆除前需切断设备电源与油路，清理易燃物，避免引发火灾、爆炸风险。

电网脱离安全：严格按照电网公司规定完成风电场解列手续，对输电线路、变电站设备进行安全处置，拆除带电设备时需采取绝缘防护措施，确保无遗留带电部件，避免引发触电事故。

3. 风电项目安全环保管理实践中的主要问题

结合行业调研数据与实际项目案例分析，当前风电项目安全环保管理仍存在三方面突出问题，制约管理效能提升与目标落地。

3.1 管理体系碎片化，协同性不足

多数风电项目中，安全管理与环保管理分属不同部门负责，部门间缺乏有效沟通协作机制，导致管理流程脱节。例如，施工部门在开展高空作业时，仅关注人员安全防护，忽视作业过程中对周边植被的破坏；环保部门在推进植被恢复工作时，未考虑施工区域安全警示设置，存在人员误入风险。同时，项目管理多聚焦施工与运营阶段，对规划阶段的源头风险防控与退役阶段的收尾管理重视不足，未形成全生命周期闭环管理体系，导致前期隐患在后期集中爆发。

3.2 技术手段应用不足，管理效率低

传统安全管理模式依赖人工巡检，难以实现设备故障与安全风险的实时监测，往往在故障发生后才能被动处置，导致设备损坏扩大与事故损失增加；环保管理中，污染物监测多采用人工采样方式，采样频率低、代表性不足，难以捕捉污染峰值时段数据，且部分项目存在监测记录不全、数据造假等问题。智能化技术应用滞后，导致管理响应速度慢、精准度低，无法满足大规模风电项目高效管理需求。

3.3 监管机制不健全，责任落实不到位

内部监管薄弱

部分项目业主为追求短期发电效益，压缩安全环保投入成本，如减少设备定期检测频次、降低环保治理设施标准；在内部绩效考核体系中，安全环保指标权重低于发电量、发

电效率等生产指标，导致管理人员重生产、轻安全环保，管理责任流于形式。

外部监管协同不足

环保、能源、应急管理等部门的监管标准与执法流程存在差异，易出现“多头监管、重复检查”现象，增加项目应对成本；同时，部分区域存在监管空白，如对风电项目退役阶段的环保验收缺乏明确标准与监管流程，导致退役管理无序。此外，部门间信息共享不畅，无法形成监管合力，影响监管效果。

4. 风电项目安全环保协同管理优化策略

针对上述问题，结合新能源发电行业发展趋势，从“责任、技术、监管”三个维度提出优化策略，实现安全环保协同管理，提升整体管理效能。

4.1 构建全生命周期责任体系，强化协同管理

明确责任主体

建立“业主牵头统筹、设计单位源头负责、施工单位过程落实、运维单位长期管控、退役处置单位收尾保障”的全链条责任体系，各参与方签订安全环保责任状，明确各阶段责任边界与考核标准。例如，设计单位需对项目选址的安全合规性与环保可行性负责，施工单位需对施工期安全事故与环保污染承担直接责任，确保责任可追溯。

设立协同管理部门

项目业主单位设立安全环保协同管理部门，统筹推进安全与环保工作协同开展。在制定施工方案、设备运维计划等关键环节，组织安全、环保、技术等专业人员共同评审，确保方案同时满足安全风险防控与环保达标要求；建立部门间定期沟通机制，每周召开协调会议，解决管理中的交叉问题。

4.2 赋能智能化技术手段，提升管理效率

安全风险智能化监测

设备监测：在风机叶片安装红外热成像传感器，实时监测叶片温度分布，识别裂纹隐患；在齿轮箱安装油液传感器，采集油液黏度、金属颗粒含量等参数，数据实时传输至云端管理平台，当参数超出预设阈值时自动触发报警，提醒运维人员及时处置。

人员监测：为高空作业人员配备智能安全帽，集成 GPS 定位、双向通话、心率监测功能，管理人员可通过平台实时掌握人员位置与健康状态，若出现人员失联、心率异常等情况，立即启动救援程序。

环境安全监测：在项目区域安装自动气象站与地质灾害监测设备，实时采集风速、降雨量、边坡位移等数据，提前预警台风、滑坡等风险，为应急处置争取时间。

4.3 强化内外监管机制，压实管理责任

完善内部考核与激励

将安全环保指标纳入项目各部门、各岗位的绩效考核体系，权重不低于 30%，考核结果与薪酬、晋升直接挂钩；设立安全环保奖励基金，对管理成效突出的团队或个人给予专项奖励，对发生安全事故、环保超标的单位进行处罚，并追究相关负责人责任，形成“奖优罚劣”的激励约束机制。

推动外部监管协同

建议地方政府牵头建立“新能源项目安全环保协同监管平台”，整合环保、能源、应急管理等部门的监管数据，统一监管标准与执法流程，实现“一次检查、多部门认可”，减少项目应对负担；引入第三方专业机构开展安全环保评估，评估结果作为项目评优、补贴发放的重要依据，提升监管专业性与公正性。

5. 案例验证与效果分析

以我国西南地区某山地风电项目（总装机容量 100MW，共安装 33 台风机）为例，应用上述优化策略后，安全环保管理成效显著提升，验证策略的可行性与实用性。

5.1 项目概况

该项目位于生态环境敏感区域，靠近省级自然保护区实验区，建设初期面临高空作业风险高、生态保护要求严等挑战，且存在安全巡检效率低、施工期扬尘超标等问题。2022 年起，项目业主按照“全生命周期责任体系 + 智能化技术 + 协同监管”的思路，开展安全环保管理优化。

5.2 具体措施与效果

构建责任体系

设立安全环保协同管理部门，明确业主、施工、运维单位的责任边界，签订责任状；制定《全生命周期安全环保管理手册》，将生态评估纳入规划环节，设备回收要求纳入退役管理，实现全流程覆盖。

应用智能化技术

安装风机设备在线监测系统，实时采集叶片、齿轮箱运行参数；在项目边界与居民区安装噪声、扬尘自动监测仪，数据同步至云端平台；为高空作业人员配备智能安全帽，实现人员动态监测。

5.3 效果分析

优化后 1 年（2023 年）的管理数据显示：

安全管理：设备故障预警响应时间从 48 小时缩短至 2 小时，全年未发生高空作业事故与设备安全事故，事故发生率较优化前下降 100%。

环保管理：施工期扬尘超标次数降至 0，项目边界噪声监测值稳定控制在昼间 55dB、夜间 45dB 以下，优于 GB 12348—2008 标准要求；危险废物处置合规率达 100%，未发生一起环境污染投诉事件；施工临时用地植被恢复率从优化前的 82% 提升至 95%，植被覆盖率较项目建设前提高 3%，通过省级环保部门生态修复专项验收。

5.3.1 综合效益提升

经济成本：智能化监测系统的应用使设备故障维修成本降低 40%，人工巡检成本减少 30%；扬尘、噪声等环保问题整改费用从优化前的年均 50 万元降至 0，整体安全环保管理成本下降 35%。

社会与环境效益：项目因安全环保管理成效突出，被地方政府评为“新能源安全环保示范项目”，成为区域内风电项目标杆；生态修复工作有效改善区域生态环境，为当地鸟类、小型哺乳动物提供了更优质的栖息地，获得周边居民与环保组织的高度认可。

6. 结论与展望

6.1 研究结论

本文通过对风电项目全生命周期安全环保管理的系统分析与实践验证，得出以下核心结论：

风电项目各阶段安全风险与环保需求存在显著差异，规划阶段需重点把控选址安全与生态敏感区避让，施工阶段需强化过程管控与污染防治，运营阶段需聚焦设备运维与持续监测，退役阶段需落实设备回收与场地修复，只有覆盖全流程的管理才能实现安全风险可控、环保达标。

当前风电项目安全环保管理存在管理体系碎片化、技术手段滞后、监管机制不健全三大核心问题，需从责任体系构建、智能化技术应用、监管机制完善三个维度协同发力，才能突破管理瓶颈。

实践案例表明，构建“全生命周期责任体系 + 智能化技术赋能 + 多元监管机制”的协同管理模式，可有效提升风电项目安全环保管理效能，降低安全事故发生率与环境污染风险，同时实现经济、社会与环境效益的统一。

参考文献:

- [¹] 国家能源局 . 2023 年全国电力工业统计数据 [Z]. 2024.
- [²] 中华人民共和国住房和城乡建设部 . GB 12348-2008 工业企业厂界环境噪声排放标准 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [³] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 . GB/T 19963-2011 风电场接入电力系统技术规定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [⁴] 王强。基于风险矩阵的风电项目施工安全风险管理研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2022, 18 (5): 123-128.
- [⁵] 李娟, 张磊, 陈明。山地风电项目施工期生态修复技术与实践 [J]. 环境工程, 2021, 39 (8): 189-193.