

# 输变电工程项目管理中的风险识别与控制策略研究

王一冰

国网呼伦贝尔供电公司项目管理中心 内蒙古 呼伦贝尔 021000

**摘要：**在现今电力系统运行中，输变电工程项目作为整个系统的重要组成部分，同时再加上这一工程项目施工大部分是在室外进行操作的，容易受到外部环境因素的影响，导致输变电工程项目管理工作难以有效进行。但是，对于输变电工程项目施工来讲，管理工作起着重要的协调作用，一旦管理工作未能科学化落实，由于输变电的特殊性，非常容易出现风险。

**关键词：**输变电工程；项目风险；控制措施

输变电项目通常投资大、调试难、施工环境恶劣、输变电距离长、管理难度大、高空施工等问题，这些问题极易导致风险的产生，一旦风险成为事实，将给工程项目带来巨大的经济损失，甚至产生不良的社会影响。

## 1 输变电工程项目风险种类

1.1 自然与环境风险。自然气候风险：极端天气（如霜冻、暴雨）可能导致施工中断或设备损坏。地质与地形风险：复杂地质条件（如高原、深基坑）可能引发塌方或施工难度增加。生态影响风险：施工破坏植被、水源及栖息地，电磁场对周边环境产生潜在影响。

1.2 技术风险。设计缺陷：规划不合理或施工图深度不足，导致施工变更频繁。施工技术风险：深基坑支护不当、高大模板支撑系统失效等引发坍塌事故。设备操作风险：起重机、挖掘机等机械操作失误或故障造成人员伤亡。

1.3 安全风险。高空作业风险：坠落、物体打击等可能导致人身伤害。电气安全隐患：高压电设备操作不当导致触电、短路事故。化学品风险：绝缘油等化学品泄漏危害健康与环境。深基坑作业风险：通风不足、有毒气体积聚威胁作业安全。

1.4 管理风险。进度管理风险：施工计划不合理或外部协调不足导致工期延误。变更管理风险：设计变更审批滞后或流程不规范增加成本。现场管理风险：人员流动性大、作业协调性差增加事故概率。

1.5 外部环境与政策风险。征地与审批风险：土地谈判复杂、政府审批延迟影响项目启动。社区协调风险：沿线居民因环境问题反对工程建设。

1.6 资金与工期风险。资金链风险：资金来源不稳定或投资期过长导致建设规格降低。工期延误风险：技术变更、环境纠纷或极端天气拖慢工程进度。

1.7 设备与材料风险。供应商违约风险：设备交货延

迟或质量不达标影响工程进度。材料缺陷风险：电缆、钢材等材料不合格导致工程隐患。风险等级划分。输变电工程风险按严重程度分为五级：极高风险（一级）至稍有风险（五级），需根据等级匹配管控措施。

## 2 输变电工程风险管理的重要性

2.1 保障人身与设备安全。输变电工程施工涉及高空作业、高压设备操作等高风险环节，缺乏有效管控易导致人员伤亡与设备损毁。通过风险分级管控（如LEC半定量评估法），可针对性制定安全防护措施（如防坠装备配备、机械化替代高危人工作业），大幅降低事故概率。

2.2 提升项目整体成效。风险管理贯穿项目全周期，从前期设计缺陷规避到施工变更规范化审批，可减少返工、延误等额外成本。

2.3 维护经济与社会效益。电力系统是国民经济命脉，输变电工程中断或失效将直接影响工业生产与居民用电，造成经济损失和社会信任危机。电网通过建设抽水蓄能电站、优化网架结构等措施，将故障切换时间缩短至“无缝”级别，显著提升供电可靠性。

2.4 应对复杂环境挑战。输变电工程常面临极端天气、地质条件（如高原缺氧）及生态保护压力，风险管理可提前制定应急预案（如高原医疗救护点设置），降低不确定性影响。

## 3 输变电工程风险识别方法

3.1 分层分级评估法。风险分级体系。将风险按潜在后果划分为五级（极高风险至稍有风险），通过LEC半定量评估法量化危险等级，匹配差异化管控资源。例如，深基坑爆破等高危作业需编制专项预案，而常规低风险流程可简化管理。结构化识别流程。前期勘查：施工前需实地考察地形地貌、气候条件（如高原缺氧、极端天气），制定针对性防范措施。动态更新：施工中结合现场监测数据，实时调整风险等级与管控策略。

3.2 分类辨识法。环境与设备风险。识别特殊气候（暴雨、霜冻）对施工进度的影响，以及高压设备操作中的触电、短路隐患。针对化学危险源（如绝缘油泄漏），建立应急处理清单。作业行为风险。通过安全检查表法识别高空坠落、机械操作失误等危险场景，明确防坠装备配置要求。

3.3 技术手段辅助。数字化协议分析。利用智能系统采集变电站监控报文，通过协议解析及安全规则库比对，精准识别异常通信数据。机械化替代。推广无人机巡检、机械化吊装等技术，减少高危人工作业频次，降低人身伤害风险。

3.4 经验总结与标准化。案例库应用。结合历史事故案例（如设备老化引发的火灾），归纳共性风险点并编入作业指导书。流程规范化。制定《安全风险识别与预控管理办法》，明确风险识别、评估、管控的标准化操作流程。

3.5 动态监测与反馈机制。实时监控。部署24小时视频监控系統，结合传感器监测设备温度、振动等参数，及时发现异常。人员状态管理。通过岗前健康筛查、技能考核及作业中行为观察，识别操作人员身体或技能缺陷风险。

#### 4 如何结合多种方法提高输变电工程风险识别的准确性

4.1 融合分层分级与动态监测技术。基于LEC半定量评估法的风险分级。将风险按后果严重程度划分为五级（如深基坑爆破定为“极高风险”），匹配差异化管控策略。结合实时监测数据（如设备温度、振动参数）动态调整风险等级，避免静态评估的局限性。智能感知与数字孪生技术。采用多模态传感器（声音、温度、气体浓度）实现全场景感知，结合数字孪生平台同步分析物理设备与数字模型，快速识别皮带跑偏、设备过热等异常。

4.2 结合数据驱动与经验验证。深度学习算法与历史案例库。利用改进的DeepLab-v3+网络构建图像分割模型，通过海量历史数据训练算法，实现皮带撕裂、磨损等故障的秒级识别。结合历史事故案例（如设备老化引发火灾），提炼高频风险点并入作业手册，形成标准化风险清单。故障检验模型优化。通过专利技术构建四维样本空间，分析电流数据变化与响应时长，精准区分变压器故障与母线故障，避免传统单一检测方法误判。

4.3 多维度管理协同。人员行为与设备联控。岗前技能考核结合实时行为监控（如无人机巡检替代高危人工作业），减少操作失误风险。应用“全防误”系统逻辑校验二次设备操作，阻断人为误操作引发的连锁故障。

规范化流程与应急预案。制定《安全风险识别与预控管理办法》，明确从风险辨识到控制的标准化流程。

#### 5 输变电工程风险控制策略

5.1 分层分级管控体系。风险量化分级。采用LEC半定量评估法，按后果严重性将风险划分为五级（极高风险至稍有风险），差异化配置管控资源。对深基坑爆破、高空组塔等高危作业，专项制定“一工程一预案”控制措施。动态监测与调整。通过传感器实时采集设备温度、振动参数，结合数字孪生平台同步分析，动态更新风险等级及应对策略。

5.2 技术控制策略。机械化与智能化替代。推广无人机巡检、机械化吊装等技术，减少高危人工作业频次，降低触电、高空坠落风险。部署智能“全防误”系统，对二次设备操作进行逻辑校验，阻断人为误操作引发的连锁故障。环境适应性技术。高原地区增设医疗救护点，配置高压氧舱应对缺氧风险；极端天气下采用防冻融混凝土、防风固沙技术保障施工连续性。

5.3 管理协同机制。跨国电网协调。推动跨境互联技术标准统一，明确调度权责边界，建立联合反事故演练机制，防范因保护参数错配导致的连锁故障。流程规范化。严格执行《安全风险识别与预控管理办法》，细化设计审查、施工变更审批流程，减少设计缺陷与施工返工。

5.4 人员与培训保障。技能与行为管理。实施岗前健康筛查与技能考核，高风险作业人员需持特种操作证上岗；施工中通过视频监控系统实时纠正违规行为。案例驱动培训。建立历史事故案例库（如设备老化火灾），提炼高频风险点编入安全手册，开展沉浸式VR事故模拟培训。

5.5 应急响应体系。应急预案分层设计。针对设备故障、自然灾害等场景，制定“班组-项目部-区域”三级响应预案，预设应急物资储备点及疏散路线。快速恢复技术。部署智能低频减载系统，动态调整负荷分配，确保电网频率崩溃时1秒内完成功率平衡，避免系统性崩溃。

#### 6 输变电工程风险预防措施

6.1 火灾风险防控。设施防火检查。定期开展变电站消防安全检查，重点排查充油设备、电缆沟道等部位消防隐患，确保自动灭火系统可用性；清理周边易燃物，加装防鼠挡板，防止小动物引发电缆短路。智能防护系统。在变电站电缆接头处安装防火毯与悬浮式干粉灭火弹，实现双重防护；利用电力大数据平台实时监测设备温升异常，及时阻断过热风险。

6.2 高空作业风险防控。安全装备规范。高空组塔作业人员必须佩戴防坠器及双钩安全带，工具包采用防掉

落设计，避免物件坠落；钢筋加工设备设置防护罩，操作人员持证上岗，切割焊接作业前清理周边易燃物。环境适应性措施。高原施工配置高压氧舱及防冻融混凝土技术，应对极端天气影响；风力超过5级或雨雪天气时，禁止露天焊接作业。

6.3 地下及深基坑作业风险防控。作业环境安全。坑深超过5m时采用风机通风，超过10m时使用专用风机（风量 $\geq 25\text{L/s}$ ），每日检测氧气及有毒气体浓度；护壁结构需达到强度标准后拆模，首节护壁高出地面150-300mm，防止塌方。堆土与设备管理。坑口堆土高度限制 $\leq 1.5\text{m}$ ，土料及时外运，严禁坑边堆放重型机械；基坑内禁止使用燃油动力设备，设置双通道通信保障应急联络。

6.4 电缆及线路外破风险防控。线路保护机制。输电走廊实施防雷、防水改造，动态监测低洼及河流区域杆塔风险等级；施工区域设置物理隔离带，签订安全隐患告知书，落实24小时监护。智能监控应用。部署无人机巡检与红外测温系统，实时识别树障、违章施工等隐患；建立智能预警平台，对靠近线路的机械作业发出声光报警。

6.5 设备运行风险防控。预防性维护。定期检测接地电阻及设备绝缘性能，更换老化电缆及避雷器；线路走廊安装树障智能识别系统，预警后48小时内完成清理。机械替代策略。推广无人机巡检、智能吊装设备，减少人工作业暴露风险；应用全防误闭锁装置，阻断二次设备误操作引发的连锁故障。

6.6 应急管理优化。预案与演练。制定“班组-项目部-区域”三级应急响应机制，预设物资储备点与疏散路线；每季度联合消防部门开展主变火灾演练，测试排油注氮系统有效性。智能响应系统。部署智能低频减载装置，电网频率异常时1秒内完成功率平衡调节；利用VR技术模拟设备爆炸、绝缘油泄漏等场景，提升应急处置熟练度。

6.7 动态风险管控。数据驱动优化。依托数字孪生平台同步设备运行数据，动态调整风险等级与管控策略；建立历史事故案例库，通过复盘分析优化风险预控措

施。协同管理机制。与政府水利、应急部门共享气象及灾害数据，联合制定防汛防雷方案；定期开展岗前健康筛查与技能复训，高风险岗位人员通过率需达100%。

## 7 输变电工程风险转移策略

7.1 保险转移策略。工程一切险覆盖。投保建筑工程一切险与安装工程一切险，覆盖施工期间设备损坏、第三方人身伤害等风险，采用“业主导投保+专业团队评估”模式提升保障效能。针对特殊风险（如极端天气导致设备倒塌），附加自然灾害专项保险条款，明确赔付触发条件。专业责任险应用。要求设计单位投保工程设计责任险，转移因图纸错误或技术缺陷引发的工程质量风险；监理单位同步配置职业责任险，规避监督失职导致的连带赔偿责任。

7.2 合同转移策略。风险责任条款设计。在EPC总承包合同中明确“承包商承担施工安全风险”，通过“背靠背”条款将分包商行为纳入总包责任范围；设备采购合同约定“供货商承担安装调试阶段故障修复费用”，规避设备缺陷引发的连带风险。

7.3 联合体转移策略。利益共享机制。组建“设计-施工-运维”联合体，通过股权绑定实现风险共担，降低单一主体违约影响；跨区域施工项目引入本地化企业联合投标，利用其资源网络转移地方协调风险。技术合作转移。与科研机构签订技术外包协议，将新技术应用风险（如柔性直流输电调试）转移至技术提供方；关键设备采用融资租赁模式，设备故障维修责任由租赁公司承担。

总之，在实际风险管理工作进行中，能够认识到输变电工程项目存在风险基础上，从加强风险防护、提升设备供应风险管控、避免出现违约风险以及提升技术人员操作水平等方面改进。在以上各个方面协调提升基础上，控制风险，从而能够提升输变电工程项目施工水平。

## 参考文献

- [1]程海英.输电工程项目风险管理与控制措施探讨.2023.
- [2]张宏宇.输变电工程项目管理中的风险识别与控制策略探讨.2023.