

电力工程安全监理关键节点与应急预案优化研究

江陈伟

广州电力工程监理有限公司，广东省广州市，510145；

摘要：本文系统梳理了设计、施工、调试及运行四大关键节点，深入剖析了电气安全、机械施工、管理人因、自然环境及材料质量五类潜在风险，揭示了监理实践中易被忽视的技术与管理缺陷；在此基础上，提出了基于分级响应、多层级资源保障与数字化平台支撑的应急预案优化路径，包括闭环化预案体系构建、智能化预警、物资快速调配与动态评估改进，旨在提升监理应急响应效率与可靠性，为电力工程安全管理提供理论依据和实践指南。

关键词：电力工程；安全监理；风险管控；应急预案

DOI：10.69979/3029-2727.25.11.033

随着电力系统规模与复杂性的不断提升，安全监理在保障工程质量和运行可靠性方面扮演着举足轻重的角色。近年来，频发的触电事故、设备失效与自然灾害诱发的停电事件不断提醒业界：仅依靠传统的事后补救措施已难以满足高标准的安全需求。如何在设计阶段精准识别风险、在施工与调试中动态管控隐患，并构建科学高效的应急响应体系，已成为当前电力工程领域亟须解决的重要课题。本文旨在通过对安全监理关键节点与潜在风险的深度剖析，结合数字化与智能化手段，探索应急预案的优化策略，以期为行业安全管理提供新思路与可行路径。

1 电力工程安全监理关键节点

1.1 设计阶段的安全监理节点

在电力工程设计阶段，安全监理应首先介入方案论证与风险评估。监理工程师需审查设计文件，重点关注高压线路、变电站与接地系统的安全留有余地；同时，应组织专家团队对电气火灾、短路故障、雷击防护等潜在风险进行定量分析，提出针对性防治措施^[1]。此外，设计中应充分考虑施工过程中的临时用电、安全通道与应急疏散预案，并将其固化为可操作性强的技术文件。监理人员还要督促设计单位严格执行国家及行业规范，如《中华人民共和国国家标准民用建筑电气设计标准》GB 51348-2019、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2015，确保所有安全关键参数在设计图纸中标注完整、清晰，为后续施工和验收奠定坚实基础。

1.2 施工阶段的安全监理节点

进入施工阶段，安全监理的核心在于全过程动态管

控。监理工程师需对施工单位的安全生产许可证、专项施工方案与动火作业审批资料进行审核，确保合法合规；同时，对高空作业、临时用电、吊装作业等重点工序进行旁站监理或不定期抽查，及时纠正违规操作^[2]。监理应定期组织安全例会，分析施工进度与安全风险相互影响，推动各参建方落实风险分级管控和隐患排查治理“双重预防机制”。对发现的重大隐患，监理有权责令施工单位停工整改，并协调建设、设计、施工多方联动，形成闭环管理，确保施工阶段“零重大事故”目标的实现。

1.3 调试与运行阶段的安全监理节点

在设备调试与投入运行阶段，安全监理要重点关注“带电”作业与系统稳定性试验。监理工程师需核查调试方案中绝缘试验、电缆直流耐压试验、继电保护整定等关键技术规范和操作流程，确保各项参数符合设计要求和国家标准。调试过程中，应监控设备温度、振动、电压波动等实时数据，发现异常及时上报并协同技术团队分析原因，避免因设备不稳定导致的次生事故。投运验收阶段，监理应组织编制安全运行手册，对运行人员进行安全交底与应急演练，完善应急预案，确保电力工程在交付使用后具备可持续、安全、可靠的运行保障^[3]。

2 电力工程安全监理中潜在风险

2.1 电气安全风险问题聚焦

电气系统中最常见的问题在于设计与施工之间的脱节，导致绝缘等级计算不足、短路电流配置失当，继电保护整定不严谨等隐患频发。设计单位往往为节约成

本或赶工期简化回路,而现场施工又因图纸理解偏差产生导线截面选型错误,使得线路在运行中易出现过热、局部放电等缺陷。监理若对图纸与实物不做逐项对比,可能错过施工搭接不规范、接地体松动等细节,埋下触电和雷击风险。此外,临时用电管理松散,多数项目未能对施工照明、临设配电箱进行严格检测,常见插板超载、移动式配电箱漏保失效等问题未及时整改。

2.2 机械施工风险问题剖析

重型设备吊装和结构安装常因施工组织不合理而出现安全隐患。项目管理者在吊装方案制定时,往往根据经验粗略估算吊装载荷,忽视复杂工况下风荷载和不均匀受力可能引起的钢索疲劳与吊具错位^[4]。与此同时,吊装前的地基承载力验算常因监理追求进度而简化,未充分考虑场地排水及土质变化对支撑系统的影响,引发支架倾斜、基础沉降等问题。结构拼装阶段,焊缝质量自检频率低、焊材跟踪不全、无损检测执行不到位,使得连接节点在振动和温度交变作用下易出现微裂纹并逐步扩大,存在结构失稳风险。

2.3 管理与人因风险问题解析

管理缺陷与人因失误往往是事故诱因中的隐形杀手。项目中高层对安全生产重视不足,安全责任划分模糊,导致监理、施工与业主在紧急情况下互相推诿,错失最佳处置时机;现场安全培训流于形式,考核仅停留在签字阶段,难以对操作人员潜在违规行为形成有效震慑。交叉作业时,各工种间未建立统一的风险沟通平台,动火、带电等高危作业审批手续常被简化,审批人对实际作业现场状况缺乏及时了解,无法识别隐蔽风险。此外,急于赶工期会导致安全检查走过场,监理对隐患整改的追踪问效不到位,使同一问题反复出现。

2.4 自然环境与外部因素风险

自然环境与外部因素风险日益成为电力工程安全监理的重要课题。极端气候对架空线路绝缘性能及杆塔结构稳定性构成严重挑战:强雷暴可导致绝缘层击穿,冰冻荷载令导线脆裂断裂;地质灾害如滑坡、泥石流易引发塔基倾覆或支撑构件失稳。沿海盐雾腐蚀与沙尘暴侵蚀加速金属和绝缘层老化,削弱防护效果;周边施工振动、交通冲击及电磁干扰则在细微处隐藏风险。监理工作面临环境参数高度多变、实测数据不完整和预判模型精度不足的瓶颈,造成风险评估误差高达三成以上,

严重干扰决策;而现有在线监测系统多分散于各施工环节,缺乏统一的平台与多维度分析,预警往往滞后或误报^[5]。

2.5 供应链与材料质量风险

供应链与材料质量风险在电力工程安全监理中同样不容忽视。核心部件如变压器铁芯、母线、绝缘子及高压开关等的生产工艺复杂,若供应商质量管理体系不完善,批次间性能波动或内部缺陷易导致绝缘击穿与机械失效。市场价格波动和多级分销环节令假冒伪劣产品渗透风险显著上升,常见问题包括化学成分偏差、金属疲劳强度不足及表面涂层脱落。监理在风险识别上主要依赖材料性能检测与供应商档案,却常受限于样本代表性不足与检测周期延迟;传统追溯体系纸质化严重,信息孤岛问题突出,难以实现全流程可追踪。此外,测试流程与实验室能力不足亦加剧风险——多数监理单位难以及时对新型复合绝缘材料、纳米涂层及智能开关等创新产品开展完整性能试验,外部检测机构的时效性亦难满足工程进度,导致验收程序被迫简化。

3 解决电力工程安全监理应急预案优化研究

3.1 应急预案体系化构建与分级响应策略

为有效提升电力工程安全监理应急响应能力,应构建涵盖风险识别、预案编制、演练验证与持续改进的闭环体系。首先,基于项目特点,采用层次分析法与模糊综合评判法对可能事故类型进行风险分级,明确高压触电、油浸设备火灾、线路倒塌等不同风险的响应优先级与处置流程;其次,预案结构应分为事故报告、初级响应与扩散控制三级响应方案,分别设定启动条件、指挥机构、现场控制要点及资源调配原则,确保从监理部经理至一线值班专员都能准确对接;再次,整合多部门联动机制,明确建设单位、设计单位、施工单位及监理单位在预案执行中的职责边界和信息通道,并在关键岗位配备专职应急联络人;最后,应急演练需依据全真化场景设计周期性开展,并通过事后评估报告及时修订预案,使体系动态更新、精准匹配工程实际需求,从而保障突发事件发生时响应高效、有序、可追溯。

3.2 数字化平台支撑与智能化预警优化

借助数字化与智能化技术,可显著提高应急预案的执行效率和可靠性。首先,构建基于物联网与云计算的应急管理平台,实现对变电站设备运行状态、环境参数

与人员位置的实时监测,并通过大数据分析模型自动识别异常趋势,为预案触发提供精准决策支持;其次,运用地理信息系统(GIS)构建电网空间分布图,实现安全监理资源、物资与应急车辆的最优路径规划和动态调度;再次,结合虚拟现实(VR)技术开发全息演练系统,可在近真实环境下对监理人员进行高压带电、火灾扑救等多场景模拟训练,显著缩短培训周期并提升操作熟练度;此外,平台应内置知识库与智能问答模块,以提升现场人员对预案条款与操作规程的快速检索能力。通过数字化平台与智能预警的深度融合,既可实现“预见风险、提前研判、及时响应”的闭环管理,又能为电力工程安全监理提供坚实的信息化支撑。

3.3 多层级资源保障与物资快速调配

为保证应急预案执行的高效性,需构建多层级的资源储备与物资调配体系。首先,在项目初期,应制定详细的物资清单,涵盖灭火器材、绝缘防护用品、移动发电车和抢修工具箱等关键装备,并按照风险分级预置于变电站、施工现场及监理部仓库,实现“就近可取”。其次,建立三级调度网络:现场队伍可通过移动终端向区域中心申请支援,区域中心再根据监理总部指令统筹跨区资源,以GIS平台为依托规划最优配送路线,兼顾道路通行能力和车辆定位精度。再次,实行物资周转量化管理,将使用频率、有效期及检修周期录入数字化系统,通过条码与RFID技术自动盘点,实时更新库存状态,避免“调不出”“过期废弃”等低效情形。最后,配合应急训练定期开展实战演练,检验物资调用流程、车辆调度时效与人员协作效率,及时修正物资储备结构与应急运输方案,确保事故发生后能在最短时间内将关键资源精准投放事故现场,从而提升安全监理应急响应的整体可靠性与时效性。

3.4 预案评估体系与持续改进闭环

预案优化的核心在于建立科学的评估与改进闭环。应急事件结束后,监理部门需组织多方参与的事后评估会议,围绕响应时效、指挥决策、资源调配、协同配合和技术手段使用等维度,运用熵权法与关键绩效指标(KPI)进行定量分析,形成评估报告。报告中应明确各环节成功要素与瓶颈痛点,并对未达标项提出改进建议,如调整预案级别触发阈值、增设通信备份通道或优化联动流程。评估结果应融入预案修订版本,并通过数字化

平台推送至所有相关人员,确保一线与管理层对修订要点“零误读”。同时,监理部需建立预案版本迭代日志,记录每次优化内容、执行效果及验证数据,并定期开展半年或年度回顾,将行业新标准、最新技术与实践经验纳入下一轮预案更新,实现风险识别—预案执行—评估改进的动态闭环,持续提升电力工程安全监理的应急管理水平和可持续发展能力。

3.5 跨部门协同与社会资源整合

为进一步提升应急预案执行效果,必须构建跨部门协同与社会资源整合机制。一方面,应在监理部成立统一的应急指挥调度中心,纳入建设、设计、施工、运营、消防、气象、公安等多部门联动单元,明确通信协议与信息共享平台,实现事故报告、现场指挥、资源调配的“一键联动”与闭环追踪;另一方面,要充分挖掘社会应急力量,包括专业抢修队伍、志愿者组织及媒体舆论引导资源,通过签订协作协议或应急服务合同,确保关键时刻增援力量可迅速集结。针对复杂事故,可建立城市级与项目级两级预案联动体系,项目级先行处置、城市级提供支持援助;同时,借助第三方评估机构对联动效率开展定期审计与绩效评价,为机制优化提供依据。

4 结束语

电力工程安全监理是维护电网稳定与公共安全的基石,其成效取决于对全生命周期风险的前瞻性把控和应急响应的高效执行。本文通过对关键节点和潜在风险的系统研究,提出了分级响应、智能预警、多层级资源保障及闭环评估的应急预案优化框架,不仅丰富了安全监理的理论体系,也为实际项目实施提供了操作指引。

参考文献

- [1]印卫军. 电力工程中变电工程施工监理的措施与方法分析[J]. 建筑与预算, 2021, (09): 113-115.
- [2]王芳刚. 电力工程施工安全监理工作探讨[J]. 中国设备工程, 2020, (06): 242-243.
- [3]吴秉兴. 电厂工程建设安全监理的精细化管理对策研究[J]. 设备监理, 2020, (01): 30-31.
- [4]杨海峰. 电力工程安全监理的风险意识以及策略分析[J]. 数字通信世界, 2020, (01): 126-127.
- [5]李扬. 电力工程安全监理的风险识别及预控策略研究[J]. 河南科技, 2019, (13): 100-102.