高压输电线路安全运行管理体系建设与风险防控

周正旗　张得科
甘肃送变电工程有限公司　甘肃　兰州　730050

摘　要：高压输电线路是电力输送关键基础设施，承担着大容量、长距离输电重任。其运行环境复杂，面临自然灾害、外力破坏等诸多挑战。为保障安全运行，需构建管理体系。通过科学规划组织架构与职责分工、优化制度与流程、搭建技术与信息系统、强化监督与改进，可提升管理水平。同时采用风险识别评估方法，针对自然灾害、设备故障、外力破坏等风险制定防控策略，构筑综合立体防控网络，降低事故发生率，确保高压输电线路稳定、可靠运行。

关键词：高压输电线路；安全运行管理；风险防控

引言

在现代社会，电力是经济发展和社会运转的重要支撑。高压输电线路作为电力输送的关键通道，其安全运行至关重要。然而，高压输电线路面临着复杂的运行环境，自然灾害、设备故障、外力破坏等因素都可能影响其安全。一旦线路出现问题，不仅会导致停电事故，影响居民生活和工业生产，还可能造成巨大的经济损失。因此，建设科学合理的高压输电线路安全运行管理体系，采取有效的风险防控策略，成为保障电力系统稳定可靠运行、推动社会经济持续健康发展的迫切需求。

1 高压输电线路概述

高压输电线路在现代电力系统中扮演着至关重要的角色，是电力输送的关键基础设施。它承担着将发电厂产生的大量电能高效、可靠地传输到各个用电区域的重任，对保障社会经济的稳定发展和人们的日常生活起着不可替代的作用。从定义上来说，高压输电线路是指在电力系统中，用于输送高电压电能的线路，通常包括110kV及以上电压等级的输电线路。这些线路具有输送容量大、传输距离远的特点，能够满足大规模、长距离的电力输送需求。高压输电线路的类型多样，根据输电方式可分为交流输电线路和直流输电线路。交流输电线路是目前应用最为广泛的输电方式，它具有技术成熟、设备简单、运行灵活等优点；直流输电线路则在远距离、大容量输电以及异步联网等方面具有独特的优势，能够有效减少输电损耗，提高输电效率[1]。在结构组成上，高压输电线路主要由导线、杆塔、绝缘子、金具、接地装置等部分组成。导线是输送电能的载体，通常采用高导电性的金属材料制成；杆塔用于支撑导线，使其保持一定的高度和间距；绝缘子则起到绝缘作用，防止电流泄漏；金具用于连接和固定导线、绝缘子等部件；接地装置则用于保障线路的安全运行，防止雷击等事故的发生。高压输电线路的运行环境复杂多样，面临着诸多挑战。它常常跨越不同的地形地貌和气候区域，如山区、平原、河流、沙漠等，可能会遭受山体滑坡、泥石流、台风、暴雨、冰雪等自然灾害的威胁；同时，还可能受到外力破坏、电磁干扰、人为误操作等因素的影响。因此，确保高压输电线路的安全运行是一项艰巨而重要的任务，需要采取有效的管理措施和技术手段来加以保障。

2 高压输电线路安全运行管理体系建设

2.1 组织架构与职责分工规划

构建科学严密的组织架构与清晰的职责分工是保障高压输电线路长治久安的核心基石，各层级主体需协同联动以压实电网安全保障责任。（1）领导决策层统筹部署全局安全战略。企业高管团队负责制定安全方针与目标考核机制，提供充足资源保障并落实重大风险督办责任，从宏观把控整体运行态势与方向。（2）安全监督部门独立行使垂直考核权。安监机构跨越层级开展飞行检查与违章纠察，严格执行事故隐患闭环追踪与停工整顿指令，捍卫规程刚性与双重预防机制落地。（3）运行维护班组承担设备巡视主体职责。一线网格员落实通道树障清理与绝缘子测污等精细化巡检，建立台账精准记录隐患并执行工器具规范，将控扼措施下沉至塔基。（4）技术专责团队提供攻坚克难智力支撑。高工团队钻研覆冰舞动机理与防雷接地改造，编制差异化状态检修导则并评估复杂工况，为现场抢修与技改提供科学决策依据。（5）外委施工单位管控纳入统一安全防线。通过严格准入审查与同质化培训将承包商纳入监督网格，明确交叉作业发包方监管责任并强化作业过程旁站，防范外包工程失控。

2.2 制度建设与流程优化设计

构建完备且具执行力的高压输电线路安全运行管理制度并持续精简冗余流程，是保障各项工作有章可循并

高效运转的关键支撑。（1）安全生产责任制覆盖全岗位穿透到底。细化从管理层到一线巡视员的定责清单并严格履责考核，确保每基杆塔与线段均有专责人挂钩兜底。（2）标准化作业指导书规范现场操作行为。编制涵盖停电检修与带电作业的详尽卡单，以严密工序控制及强制打卡杜绝盲目经验主义蛮干。（3）隐患排查治理闭环管控流程高效流转。依托数字化平台缩短缺陷上报至消缺周期，实现分级预警与限期整改验收的无缝隙衔接流转。（4）应急抢险预案动态修编与实战演练强化。基于近年极端气候暴露痛点优化响应启动阈值，通过无脚本盲演检验物资调配与跨部门联动默契。（5）外包队伍准入审查与过程同质化管控。将承包商人员培训考试与安全交底接入主网统一标准，严抓特种资质验真与高风险作业到岗监护。

2.3 技术支撑与信息系统搭建

依托前沿科技手段构建全方位立体化技术防御并搭建高度融合的数字监控网络，已成为新时期高压输电线路抵御复杂环境风险并实现状态全景感知的必由路径。企业需规模化部署多旋翼无人机实施通道自主精细化巡检与三维激光雷达点云扫描，结合高精度倾斜摄影技术构建走廊真实地理数字孪生模型，彻底颠覆传统人工翻山越岭效率低下的被动巡查格局；同时在杆塔关键节点高频嵌入自取能在线监测终端，全天候采集绝缘子污秽泄露电流及微气象覆冰等海量特征参量，借由边缘计算网关与5G切片通信将数据低延迟汇聚至主站分析中枢。系统后台必须融合深度学习算法引擎对历史故障图谱与实时多维特征进行对比挖掘，建立覆冰舞动生长预测及通道树障隐患距离快速逼近预警模型，实现由事后被动抢修向事前主动防灾跨越[2]。此外还应开发一体化生产指挥数据舱，贯通地理信息系统、雷电定位网络与抢修物资调配台账，彻底打破气象灾害预警、设备台账状态与运维资源调度间的数据孤岛，最终构建起具备智能研判与应急敏捷自适应响应特征的智慧输电生态圈。

2.4 体系运行监督与持续改进

为确保高压输电线路安全运行管理体系不流于形式，必须建立严密的动态监督机制与基于数据反馈的自我进化闭环，使管理标准与现场实际深度契合。企业应设立独立稽查专班常态化开展不打招呼的穿透式现场飞检，重点核查两票三制执行刚性及高风险作业防坠落实情况，并将检查结果深度捆绑单位绩效与个人晋升通道以倒逼责任压实；与此同时依托生产指挥中心每日调取在线监测告警日志与无人机巡检缺陷库，对各基层运维班组隐患消缺滞后率及同质性故障复发频次开展月度量化排名质询，精准定位管理盲区并下发督办单限期整改闭合[3]。针对极端天气引发的跳闸或设备损毁事件须启动深度技术归因分析，摒弃单纯归咎于客观气象的推诿思维，运用根因分析法从设计选型、材质老化与日常维护盲点等多维度剖析深层次漏洞，进而滚动修编现场标准化作业指导书及状态检修策略；此外还应建立对标行业先进的常态化内审机制，定期引入第三方权威机构对体系运转有效性开展客观把脉问诊，广泛采纳一线网格员在实操中反馈的制度反人类条款与工器具改良建议，从而驱动整个安全管控链条向着更科学、更敏捷及更本质安全的方向迭代升级。

3 高压输电线路风险防控策略

3.1 风险识别与评估方法应用

构建多维耦合的高压输电线路风险识别与评估模型是筑牢安全防线的前提，需综合运用定性与定量手段精准透视各类潜藏威胁。（1）通道环境航拍建模实现隐患空间精准定位。利用激光雷达点云与倾斜摄影生成三维数字孪生体，自动量测树障净距与交叉跨越垂直距离以排查外破隐患。（2）设备状态参量感知预警潜伏性绝缘故障。在线监测终端实时回传泄漏电流与金具温度特征值，结合历史趋势推演诊断内部材质老化及发热缺陷风险。（3）微气象网格化绘制覆冰舞动风险图谱。基于历史气候特征与地形地貌划定微气象高频区段，评估不同冰厚与风速条件下的脱冰跳跃及倒塔断线概率分布。（4）作业现场全过程动态研判布控交叉作业危险。执行前详勘识别邻近带电体与高陡边坡塌方等侵袭，针对性制定飞车走线防坠落及大型吊车防触电预控方案。（5）系统脆弱性量化评价构建风险分级矩阵。采用层次分析法推算内外部因素权重并计算综合风险指数，为差异化巡视周期与资金倾斜投入提供决策数据支持。

3.2 自然灾害风险防控举措

针对高压输电线路频发的自然灾害威胁，必须依托科技赋能构建“灾前主动防御、灾中智能研判、灾后快速恢复”的综合立体防控网络以提升系统气候韧性。在防冰抗舞领域，深化机械覆冰预测模型应用并规模化部署相间间隔棒与防舞双摆防舞器，结合直流融冰装置前置部署于重冰区线路，有效遏制导线脱冰跳跃引发的大面积倒塔断线悲剧；针对雷击跳闸顽疾，则在全面普查山区高土壤电阻率分布底数基础上，因地制宜采用加大接地网敷设范围、加装耦合地线及深孔爆破降阻等组合举措，并推广使用并联间隙金属氧化物避雷器以引导雷电流顺畅泄入大地从而保护复合绝缘子不被击穿[4]。在防风防汛方面，紧密对接气象部门获取台风与强降雨短期

精确预警，提前对风口微地形段杆塔开展拉线加固与基础护坡缺陷治理，防范极端飑风导致风偏放电及山体滑坡引发的基础失稳沉降；此外还应充分运用卫星遥感火点监测与可见光巡检相结合的方式密切监控线路走廊森林火灾蔓延态势，及时切除导线下方堆积易燃物并在火势逼近前主动停运避险，全面构筑抵御多灾种耦合冲击的坚固防线。

3.3 设备故障风险应对策略

针对高压输电线路设备故障的突发性与隐蔽性特征，建立基于状态感知的预测性维护与差异化检修机制是防范停电事故的有效应对策略。（1）绝缘子污秽及老化隐患开展带电清扫与逢停必检策略，结合泄漏电流在线监测数据精准定位劣化串并实施零值绝缘子零容忍更换作业。（2）导地线断股与金具磨损实施无人机高清探头精细化探伤，针对重覆冰与微风振动区段加装防振锤并开展补强缠绕处理以阻止机械强度衰变。（3）杆塔与基础沉降隐患采用北斗位移传感网实时盯防，对位于采空区与软弱土质的塔位实施灌注桩加固并绘制滑坡趋势演化曲线防范倾覆解体。（4）雷击跳闸频发段开展差异化接地网改造与防雷闪络计数器排查，针对高土壤电阻率地带采用换土降阻与增设耦合地线并举手段切断反击过电压路径。（5）鸟害与外力破坏突发缺陷引入驱鸟装置联动与护线网络网格化管理，在迁徙路径悬挂复合防鸟挡板并动员沿线群众上报违章施工苗头防患未然。

3.4 外力破坏风险防范手段

针对高压输电线路外力破坏呈现出的点位分散与防不胜防等显著特征，企业亟需构筑人防物防技防深度融合的立体化防范屏障以遏制突发性跳闸事故。在线路走廊人口密集及施工机械频繁活动区域，必须规模化推广高清视频在线监控与AI边缘计算识别算法的协同应用，全天候捕捉挖掘机违规作业、吊车盲目蛮干以及大型货车超高违章行驶等危险迹象，一经智能算法抓取即刻触发声光联动喊话驱离并同步推送预警工单至属地网格员移动终端以实现瞬时干预拦截；同时针对春季农业烧荒及秋冬季秸秆焚烧极易引发线路相间短路跳闸的严峻火患，应在植被茂密走廊地带提前构筑生物防火隔离带并引入卫星遥感热点数据与塔端红外测温双重巡航机制，彻底阻断荒火蔓延至杆塔本体对导线安全距离构成致命威胁[5]。此外还须深度推进政企协同执法护线机制向纵深开展，联合公安机关与能源监管部门严厉打击破坏塔材拉线与盗窃电力设施的高压涉刑违法行为并设立重金悬赏举报通道，更要在乡镇村落密集交汇节点常态化开展电力设施保护普法宣讲与有奖互动问答，广泛发动沿线群众化身护线前哨，从源头上压缩盲目施工与恶意破坏的生存空间。

结语

未来，高压输电线路安全运行管理与风险防控将面临更多新挑战与机遇。随着电力需求持续增长、新能源大规模接入，线路运行环境更复杂。管理体系需不断优化，借助大数据、人工智能等技术，提升自动化与智能化水平，实现更精准的风险预警与决策。风险防控方面，要加强跨领域合作，整合资源，共同应对自然灾害、网络攻击等风险。持续完善应急响应机制，提高快速恢复能力。同时，注重人才培养，提升从业人员专业素养。通过不断努力，构建更加可靠、高效的高压输电线路安全保障体系，为电力系统稳定运行和社会发展提供坚实支撑。

参考文献

[1]王立福.山区输电线路运维检修风险辨识与防控策略[J].农电管理,2026,(7):24-26.

[2]杨璐民,冯爱春,陈云顺,等.输电线路高塔组立的安全性研究[J].科技与创新,2026,(13):194-196+199.

[3]苏家勤.数字孪生驱动的高压输电线路智能保护建模研究[J].今日自动化,2026,(2):50-52.

[4]钟成元,陈强,廖志斌,等.高压供电线路多维立体智能巡检管理机制[J].国企管理,2025,(8):107-113.

[5]纪岚涛.110kV高压输电线路施工技术的设计与实现[J].电力设备管理,2025,(19):208-210.