

高压输电线路施工与安全管理

张得科 周正旗 潘 杰
甘肃送变电工程有限公司 甘肃 兰州 730050

摘 要：高压输电线路施工工序繁杂、高危特性突出，施工质量与安全管控直接关乎电网运行稳定性。本文系统梳理基础工程、杆塔组立、架线工程三大核心施工工艺，全面辨识高空、机械、电气、环境四大施工安全风险，剖析当前安全管理制度、人员、技术层面的管理漏洞与成因，从制度建设、人员管控、现场巡查、智能赋能多维度，提出针对性的施工安全管理优化策略，为输电线路施工安全提质增效提供参考。

关键词：高压输电线路；施工；安全管理

引言

高压输电线路是电力能源输送的核心载体，其施工环境复杂、露天高危作业多、工况变数大，施工质量与安全管理是电力工程建设的重中之重。随着电网建设规模持续扩大，山地、跨域等复杂施工场景不断增多，传统施工管理模式短板逐渐凸显。为有效规避施工安全隐患、规范施工流程、提升工程建设质量，本文结合高压输电线路全流程施工特点，深度剖析施工安全管理现存问题，探究科学可行的优化管控方案。

1 高压输电线路核心施工工艺与流程

1.1 基础工程施工工艺

（1）基坑开挖施工。针对山地、平原等不同地形工况，明确基坑开挖尺寸、深度及坡度控制标准，规范人工开挖与机械开挖操作流程，规避坍塌、边坡滑移等施工隐患。实际施工中，应根据设计图纸精确放样定位，山地斜坡处需增设挡土支护措施，机械开挖时预留200mm保护层由人工清底，防止超挖扰动地基持力层。（2）混凝土浇筑与养护。梳理基础混凝土配比、浇筑振捣施工要点，明确浇筑分层厚度（每层不超过500mm）、施工连续性要求，制定不同温度、气候条件下的混凝土养护方案，保障基础结构施工质量。夏季高温施工须控制入模温度不超过30℃，冬季低温时需采取蓄热法或加热养护措施，养护周期不得少于14天^[1]。（3）基础验收与隐患整改。明确基础工程尺寸偏差、强度达标、外观质量等验收标准，针对基坑积水、混凝土开裂、基础偏移等常见问题制定整改措施。验收时应重点复核地脚螺栓规格及露出长度，采用回弹仪检测混凝土强度，对蜂窝麻面面积超过规范要求者，须清除松散层后采用高强修补砂浆进行处理。

1.2 杆塔组立施工工艺

（1）杆塔构件组装。规范钢管塔、角钢塔等不同

类型杆塔的构件分拣、拼接、螺栓紧固施工流程，明确构件对齐、扭矩控制等核心施工参数。组装前应对所有构件逐件检查变形及镀锌质量，主材连接处偏差不得超过2mm，螺栓紧固扭矩按M16、M20、M24分别控制在80N·m、100N·m、250N·m，且须采用力矩扳手全部复拧两遍。（2）杆塔吊装作业。分析整体吊装、分段吊装的适配场景，制定吊装设备选型、吊点设置、吊装姿态控制标准，明确吊装过程中现场警戒、指挥协调操作规范。整体吊装适用于高度低于50m的轻型塔，分段吊装则用于大跨越或超高塔工况，吊点设置须经受力计算确定，起吊过程中塔身倾斜角度不得超过5°^[2]。（3）杆塔校正与固定。针对杆塔倾斜、偏移等问题，制定精准校正工艺，完成杆塔基础固定、接地装置安装，保障杆塔稳定性与承载能力。校正采用经纬仪在正交双向同时监测，倾斜率整体控制在3‰以内，相邻节点间控制在2‰以内，校正合格后及时进行地脚螺栓二次灌浆及接地电阻测试。

1.3 架线工程施工工艺

（1）导线展放施工。梳理人力展放、机械展放的施工流程，规范导线牵引、张力控制操作，避免导线磨损、断股、紧绷超标等问题。展放过程中放线滑车轮径不得小于导线直径的20倍，各滑车需在同一垂直平面内，导线离地距离始终保持不低于5m，牵引速度宜控制在0.5m/s以内。（2）导线接续与紧线。明确导线压接、接续的工艺标准，规范紧线顺序、张力调节流程，精准控制弧垂参数，保障线路架设精度。压接管握着力不得小于导线计算拉断力的95%，每档距内接续管数量不超过1个；紧线时先中相后边相，采用观测仪与驰度板结合的方法校核弧垂，允许偏差控制在±2.5%设计值范围内。（3）附件安装施工。规范绝缘子、金具、防震锤等线路附件的安装位置与固定标准，核查附件安装牢固性，杜

绝松动、错位等施工缺陷。防震锤安装距离按防振设计公式计算确定,偏差不得超过 $\pm 50\text{mm}$,绝缘子串组装后需测量其倾斜度(不超过 5°)及爬电距离,所有销钉和开口销必须齐全且开口角度不小于 60° 。^[3]

2 高压输电线路施工安全风险与现存管理问题

2.1 施工全过程安全风险辨识

(1) 高空作业风险。杆塔组立、架线、附件安装等高空作业存在坠落、坠物风险,受风力、雨雪等天气影响,作业稳定性下降。塔上交叉作业时,工具传递及构件掉落伤人风险突出,六级以上大风天气须立即停止塔上作业。(2) 机械作业风险。吊装、牵引、开挖机械操作中存在设备倾覆、碰撞、操作失误等风险,易造成设备损坏及人员伤亡。大型吊装机械站位地基处理不当或支腿未完全伸展,易发生侧翻;牵引机卷扬轮处钢丝绳断裂弹射危害性极大。(3) 电气感应风险。临近带电设备施工易产生静电感应、电磁感应,加之临时用电不规范,存在触电、电弧灼伤隐患。感应电压可达数千伏,未可靠接地前接触导线等同于直接接触电;现场临时用电私拉乱接、漏保失效问题普遍。(4) 环境地质风险。山区施工存在滑坡、泥石流、边坡坍塌风险,雷雨、高温、严寒等恶劣天气易诱发安全事故。雨后基坑积水导致边坡土体饱和和软化,溜坡风险骤增;雷暴天气下高处金属构件易遭受直击雷或感应雷危害。

2.2 施工安全管理现存核心问题

(1) 安全管理制度落实不到位。部分施工现场安全管理制度流于形式,风险分级管控、隐患排查治理制度执行不严格,作业审批流程不规范。方案编审批环节走过场,安全技术交底停留在签字层面,实际作业与方案“两张皮”现象突出。(2) 作业人员安全素养不足。施工人员多为临时务工人员,安全培训不到位,安全意识薄弱,存在违规操作、违章作业、侥幸作业等行为。未系安全带高空行走、擅自拆除临时围护设施、酒后上岗等习惯性违章屡禁不止,对基本安全操作规程缺乏敬畏。(3) 现场安全管控精细化不足。施工现场安全巡查不全面,动态风险预判能力薄弱,对临时作业、特殊工况作业的安全监管存在盲区。早班会及收班会质量低下,变更施工方法或天气突变后未及时开展补充风险辨识,安全监督存在明显滞后性。

2.3 安全管理问题成因分析

(1) 管理层面。项目管理层重施工进度、轻安全管理,安全责任划分不清晰,考核奖惩机制不完善,安全管控投入不足。工期压力传导下安全管理人员被迫配合冒险作业,安全专项资金挪用于赶工措施的现象较为普

遍,年度安全考核指标侧重于事故结果而非过程管控。

(2) 人员层面。常态化安全培训、应急演练开展不足,施工人员专业技能与安全防护能力参差不齐,应急处置能力薄弱。多数现场应急演练仅为拍照留痕,作业人员对触电急救、高处救援等关键技能缺乏实操掌握,紧急情况下逃生自救能力严重不足。(3) 技术层面。安全管控手段传统老旧,智能化监测、动态预警设备应用覆盖率低,无法实现施工现场全天候、全方位安全监管。视频监控覆盖率不足且无AI违章识别功能,塔吊防碰撞系统、人员定位手环等成熟技术在大电网施工中推广缓慢,数字化转型明显滞后于行业先进水平。

3 高压输电线路施工安全管理优化策略

3.1 完善安全管理制度与责任体系

(1) 健全标准化管理制度。结合高压输电施工工况,细化高空作业、机械作业、带电临近作业专项安全管理规范,完善隐患排查、作业审批、安全交底制度。重点制定跨越公路、铁路、河流及带电线路等特殊工况的专项安全方案,明确不同施工阶段的风险辨识清单与管控措施,实施作业票分级审批,确保每道工序均有章可循。(2) 落实全员安全责任制。明确项目负责人、管理人员、作业人员、监理人员的安全职责,建立层级化安全责任体系,实现安全责任全覆盖、可追溯。推行“一岗双责”管理模式,将安全责任逐级分解到班组和个人,建立责任清单上墙公示制度,严格执行三级安全交底(项目级、班组级、岗位级),确保每个作业人员熟知本岗位安全职责和操作规程^[4]。(3) 建立考核奖惩机制。将安全管理成效与绩效考核挂钩,对违规作业、管控失职行为严肃追责,对安全规范施工班组及个人予以奖励。实行安全积分制管理,建立个人安全信用档案,将安全表现作为评优评先、岗位晋升的重要依据,同时设立重大隐患和违章行为举报奖励通道,形成正向激励与反向约束并重的良性机制。

3.2 强化施工人员安全管控与培训

(1) 开展分级专项培训。针对管理人员、一线作业人员开展差异化培训,重点讲解施工风险、操作规范、防护要点、应急处置流程。管理人员侧重安全法规、风险研判和指挥协调能力培训,一线人员侧重岗位操作规程、个人防护用品使用和紧急避险技能培训,培训内容结合本工程实际工况编制针对性教材,杜绝照本宣科。

(2) 严格岗前考核准入。落实全员岗前安全考核,考核合格方可上岗,杜绝无证作业、未经培训上岗等问题。特种作业人员须持有效资格证书并经实操考核合格,考核不合格者须重新培训补考,严禁考核走过场、代签字

等弄虚作假行为,建立人员资质动态台账并定期核查更新。(3)常态化开展应急演练。定期开展高空坠落、触电、设备倾覆等突发事件应急演练,提升全员应急处置与自救互救能力。每季度至少组织一次综合应急演练,每月开展一次专项演练,演练后及时评估总结、修订完善应急预案,确保应急物资储备充足、响应流程清晰高效,将演练实效作为安全考核的重要指标。

3.3 优化施工现场全过程安全管控

(1)施工前期风险预控。施工前开展现场勘察,全面辨识地形、气候、带电设备等风险,制定专项施工方案与风险防控预案。勘察内容涵盖地质水文条件、周边带电设施分布、交通通行状况及气象变化规律,依据勘察结果进行风险分级评价,明确重大风险源清单及对应管控措施,确保方案具有针对性和可操作性。(2)施工过程动态监管。强化施工现场常态化巡查,重点管控高空作业、吊装作业、临时用电等高危环节,及时整改各类安全隐患。实行每日开工前安全条件确认制度,专职安全员全天候巡查,对重点工序实施旁站监督,建立隐患发现—登记—整改—复查的闭环管理机制,一般隐患立行立改,重大隐患停工整改^[5]。(3)恶劣工况专项防控。针对雷雨、大风、高温、严寒等恶劣天气,制定停工、防护、巡检专项管控措施,杜绝违规冒险作业。建立气象信息实时获取渠道,明确各级预警条件下停工启动标准和复工检查流程,大风天气加强临建设施加固,高温时段调整作息避开正午暴晒,雨季强化基坑排水和边坡监测,确保极端天气下施工安全可控。

3.4 引入智能化安全管理技术手段

(1)布置智能监测设备。运用高空作业智能预警、吊装姿态监测、人员定位设备,实现高危作业实时动态监测。杆塔组立区域安装倾角传感器和风速仪,吊车配备力矩限制器和防碰撞系统,作业人员佩戴集成定位与姿态监测功能的智能安全帽,一旦发生异常第一时间声光报警并同步推送至管理终端,变被动事后追责为主动事前预警。(2)搭建数字化管控平台。依托智慧工地

平台,整合施工进度、安全隐患、人员状态、设备运行数据,实现安全管理数字化、可视化。平台集成视频监控、人员定位、环境监测、设备状态等多源数据,生成可视化安全态势看板,管理层可实时掌握各作业面安全状况,在线审批作业票和跟踪隐患整改,大幅提升安全管理响应效率。(3)推广智能隐患排查技术。利用无人机巡检、视频智能分析技术,精准识别施工现场违章作业、安全隐患,提升排查效率与精准度。无人机对高空构件安装、跨越施工等难以目视巡查的环节进行近距离航拍排查,固定式摄像头结合AI算法自动识别未戴安全帽、未系安全带、电子围栏闯入等违章行为并抓拍留存,实现安全隐患早发现、早预警、早处置,有效弥补人力巡查的时空盲区。

结束语

综上所述,高压输电线路施工安全管理是一项系统性、长期性的工作,需贯穿施工全流程。本文明确了核心施工工艺要点,厘清了各类安全风险与管理短板,提出了制度、人员、现场、技术多维优化策略。唯有落实标准化施工、精细化管控与智能化赋能,压实全员安全责任,常态化排查整治隐患,才能有效规避施工安全事故,切实提升输电线路施工安全性与工程质量,保障电力电网系统安全稳定运行。

参考文献

- [1]王飞,李刚,张宇.高压输电线路施工现场安全风险辨识与精细化管控[J].电网技术,2023,47(09):3210-3217.
- [2]张磊,李娟,王浩.输电线路交叉施工高处作业安全风险防控技术研究[J].中国安全生产科学技术,2023,19(05):189-195.
- [3]刘军,赵鑫.复杂地形高压输电线路施工安全管理难点及优化策略[J].电力安全技术,2022,24(08):223-228.
- [4]陈杰,王超.基于风险评估的高压输电线路施工安全管控体系[J].电力工程技术,2022,41(06):112-118.
- [5]邹涛.电力施工项目安全管理评估体系搭建与实践研究[J].电工技术,2024,23(12):177-179.