

电力生产现场作业安全风险的管控措施研究

余良

天津华电福源热电有限公司, 天津 301700

DOI:10.61369/EPTSM.2026050017

摘 要 : 电力生产现场作业作为电网运行保障的关键环节, 作业环境复杂、操作流程繁多, 各类安全风险隐患频发, 严重威胁电网稳定运行与现场作业安全。本文以电力运行端实际工况为依托, 梳理电力生产现场作业安全风险的主要类型与表现特征, 从人员素养、设备运维、制度执行、现场环境四个维度剖析风险深层成因, 从教育培训、设备运维、作业流程、监督考核层面提出针对性管控路径, 可为电力运行现场安全风险防控及安全生产管理优化提供参考借鉴。

关 键 词 : 电力生产; 现场作业; 安全风险; 管控措施; 电力运行

Research on Control Measures for Safety Risks in On-site Operations of Electric Power Production

Yu Liang

Tianjin Huadian Fuyuan Thermal Power Co., Ltd., Tianjin 301700

Abstract : On-site operations in electric power production, as a crucial link in ensuring the stable operation of the power grid, involve complex working environments and numerous operational procedures, frequently giving rise to various safety risks and hazards that seriously threaten the stable operation of the power grid and the safety of on-site operations. Based on the actual working conditions of the power operation end, this paper sorts out the main types and characteristics of safety risks in on-site operations of electric power production, analyzes the underlying causes of these risks from four dimensions: personnel competence, equipment operation and maintenance, system implementation, and on-site environment, and proposes targeted control paths from the aspects of education and training, equipment operation and maintenance, operational procedures, and supervision and assessment. This study can provide references for the prevention and control of safety risks and the optimization of safety production management in on-site power operations.

Keywords : electric power production; on-site operations; safety risks; control measures; power operation

随着新型电力系统建设持续推进, 电网网架结构不断扩容, 电力生产现场作业频次显著增加, 运行调控、设备检修、现场巡检等业务呈现复杂化、常态化特征。电力运行部作为电网安全稳定管控的核心环节, 现场作业涉及高压电气操作、设备工况监测、多专业交叉配合等场景, 受人员、设备、环境及管理多重因素影响, 安全风险隐蔽性强、诱发诱因多元。若缺乏科学系统的风险管控体系, 极易引发人身伤害、设备故障乃至电网波动等安全事故。在此背景下, 开展电力生产现场作业安全风险辨识与管控研究, 契合电力行业安全生产规范化发展需求, 对筑牢现场作业安全防线具有现实意义。

一、电力生产现场作业安全风险的核心类型及特征

(一) 电气操作类安全风险

电气操作类安全风险贯穿电力生产运行全流程, 倒闸操作、停送电切换、系统方式调整等常规作业环节潜藏多重安全隐患。电气一次设备与二次回路关联结构复杂, 运行方式细微变更都会改变电网潮流分布, 误拉误合开关、带负荷拉隔离开关、接地线装设不规范等隐性隐患极易诱发相间短路、弧光放电等恶性事故^[1]。高压电气设备内部绝缘层长期受电压冲击与温湿度变化影响, 绝缘老化、局部放电等隐患难以通过常规巡检及时排查, 设

备带电部位与安全隔离区域界限模糊, 作业过程中易出现安全距离不足的情况。继电保护及自动装置定值匹配出现偏差时, 系统故障状态下无法实现精准跳闸隔离, 故障范围会进一步扩大, 给电力生产现场作业埋下持续性安全隐患。

(二) 设备运行类安全风险

设备运行类安全风险集中体现在电力主辅机设备长期连续运转的工况状态中, 变压器、断路器、互感器、开关柜等核心设备常年处于高负荷运行状态, 内部构件磨损、密封件老化、接线端子氧化腐蚀等问题会逐步累积。部分设备存在出厂工艺缺陷与后期运维检修不到位的叠加问题, 内部铁芯发热、绕组温度超标、

油位油压异常等参数偏离标准区间，未得到及时干预会引发设备过热烧毁、内部击穿等故障。电力生产现场辅助系统如冷却系统、通风系统、消防配套设施运行工况不稳定，主设备运行依赖的辅助保障体系出现工况波动，会直接扰乱整体运行稳定性。老旧设备未按周期完成升级改造，带病运行现象普遍存在，设备隐患呈现隐蔽性、长期性特点，成为现场作业安全风险的重要诱因。

（三）现场环境类安全风险

现场环境类安全风险受电力生产厂区自然条件与作业场地布局双重影响，户外作业区域易遭遇雷雨大风、高温暴晒、低温霜冻、雾霾沙尘等极端天气干扰，恶劣天气会降低电气设备绝缘性能，增加线路闪络、杆塔倾倒的发生概率。室内配电室、电缆夹层、变电站控制室等密闭空间通风采光条件有限，潮湿水汽积聚易造成柜体凝露、电缆受潮，加速电气元器件老化失效。作业现场地面管线排布复杂，临时施工区域围挡设置不规范、警示标识缺失，地面湿滑、坑洼凹陷、高空杂物堆放等场景，会增大高空坠落、物体打击、误入带电间隔的风险。厂区周边施工建设、植被超高生长、外来车辆违规穿行等外部环境因素，也会突破电力生产安全防护边界，扰动现场作业安全管控格局。

（四）人员行为类安全风险

人员行为类安全风险源于电力现场作业过程中作业人员固有作业习惯与标准化作业规范的背离，日常作业中习惯性违章行为具有极强隐蔽性，不严格执行两票三制、简化作业流程、擅自变更作业方案的行为时有发生^[9]。作业人员对电力运行系统整体结构、设备原理及风险辨识要点掌握不够扎实，对潜在危险点缺乏精准预判能力，仅凭经验开展现场操作，忽视作业过程中的细节管控。岗位人员排班值守节奏不合理，长时间连续作业造成身心疲劳，注意力集中度下降，操作精准度与风险敏感度随之降低。班组安全交底流于形式，危险点分析未结合现场实际工况细化落实，作业人员未能全面掌握现场风险关键点，无意识违规行为频发，直接加剧现场作业安全管控压力。

二、电力生产现场作业安全风险的成因机制分析

（一）人员专业素养与安全意识不足

电力行业现场作业对专业知识储备和安全认知水平有着极高标准，电力系统结构原理、设备运行参数、危险点辨识知识存在掌握疏漏时，无法精准判别工况变化带来的潜在隐患。电力运行岗位涉及的专业知识更新迭代速度较快，新型智能变电设备、自动化控制系统投入应用后，原有知识体系难以适配现代化作业需求，专业技能更新进度与设备升级节奏出现脱节。安全认知层面的认知偏差体现在对常规作业风险的麻痹松懈，长期重复性作业模式弱化对隐性安全隐患的警惕程度，对规程标准的内在约束价值缺乏深层理解，仅依靠固有作业经验开展各项生产操作。安全培训内容固化单一，贴合运行现场实际工况的实操实训占比不足，理论知识与现场实操无法形成有效融合，安全认知短板难以从根源上得到补齐。

（二）设备老化缺陷与运维管理滞后

电力各类一次、二次设备长期处在不间断连续运行工况，金属构件、绝缘材料、密封部件会随运行年限增加出现自然损耗与性能衰减，内部机械结构卡涩、电路接触不良等隐性缺陷会持续累积。部分电力生产场站设备更新换代进度滞后，超服役年限设备仍维持常态化投运状态，零部件老化失效概率大幅上升，设备内在运行稳定性持续下降^[10]。运维工作缺乏全生命周期管控思维，设备状态监测仅停留在表面参数记录，红外测温、局放检测等精细化检测手段应用频次不足，潜藏的内部缺陷无法实现早发现、早处置。运维检修工作缺乏系统化规划，检修流程缺乏标准化约束，检修工艺把控不到位，检修过后设备遗留隐患无法彻底消除，运维管理模式难以适配现场设备安全稳定运行的基本需求。

（三）现场作业管理制度执行不严

电力生产行业已建立完善的作业规程、安全规章及岗位管理制度，制度体系覆盖倒闸操作、检修作业、巡检值守等全部生产环节。制度落地环节存在形式化落实的现象，两票三制、安全交底、工作监护等核心管控机制未能严格贯穿作业全过程，部分常规小型作业存在流程简化、手续补办的现象。作业流程审批环节约束力度不足，部分特殊工况下作业方案未经严谨论证便投入实施，危险点分析内容照搬模板，未能结合现场设备状态、运行方式做出针对性细化。班组内部安全管控缺乏刚性约束，违章行为惩戒标准执行宽松，制度条款难以形成强有力的行为约束，标准化作业规范无法真正融入日常生产运行各个环节。

（四）运行现场环境管控体系不完善

电力运行现场涵盖室内配电装置区、户外变电场区、电缆沟道及主控机房等多个作业区域，不同区域的环境条件存在明显差异，整体管控缺乏统一规范的治理标准。自然环境因素带来的影响缺少常态化防控机制，温湿度、风雨雷电、雾霾沙尘等气象条件变化未纳入日常环境监测范畴，环境参数异常无法及时采取防护调控措施。作业场地规划布局缺乏科学统筹，设备安全防护区域划分模糊，隔离防护设施、安全警示标识布设不完善，临时作业区域的安全围挡、防护设施配置存在疏漏。现场环境日常巡检覆盖面不足，电缆夹层、地下管沟等隐蔽区域长期处于管控盲区，杂物堆积、潮湿积水、通风不畅等问题长期得不到治理，外部施工、周边杂物堆放等外源环境干扰也未建立常态化排查管控机制。

三、电力生产现场作业安全风险的实操管控措施

（一）强化运行人员安全教育培训体系

依托电力运行岗位专业架构搭建分层分级安全教育培训架构，按照岗位层级、设备管辖范围与系统运行职责划分培训模块，将智能变电站运维、电网潮流调控、二次回路保护整定等专业内容纳入常态化教学范畴。依托仿真模拟实训平台复刻倒闸操作、故障跳闸、线路故障隔离等典型运行场景，还原真实工况下的参数波动与设备状态变化，依托实景模拟完成危险点辨识、误

操作规避、应急处置等实操能力锤炼^[4]。把安全规程条款与典型事故案例进行深度解构,梳理现场违章作业引发的设备损毁、电网扰动事件内在逻辑,将隐性风险点嵌入日常培训课程体系。同步建立培训动态更新机制,匹配新型电力设备投运、电网运行方式调整同步迭代教学内容,依托线上知识库与线下集中实训相结合的模式,实现安全素养与专业运维能力的同步迭代升级,为电力运行现场风险前置防控构建人才支撑体系。

(二) 健全电力设备全周期运维管控机制

构建覆盖设备选型采购、安装调试、投运值守、检修维护、退役报废全生命周期的电力设备运维管控架构,贯穿设备从投入使用到退出运行的全部环节。依托在线状态监测终端实时采集变压器油温、绕组形变、断路器机械特性、开关柜局放信号等核心运行参数,借助数字化平台完成数据集中汇聚与智能分析,搭建大数据状态分析平台实现设备劣化趋势的动态研判。引入状态检修替代传统定期检修模式,以设备实时运行数据、绝缘检测报告、红外成像测温结果为依据制定差异化检修方案,精准匹配不同设备健康状况,规避过度检修与检修缺位带来的双重安全隐患。建立设备缺陷台账数字化管理模式,对各类隐性缺陷、显性故障实行分类建档、溯源追踪,关联设备运行工况、环境参数与检修记录形成数据闭环。同步完善备品备件标准化储备与轮换机制,依据设备服役年限、故障高发周期制定部件轮换计划,保障设备故障时能够快速替换,从硬件层面夯实电力生产现场设备安全运行基础。

(三) 规范生产现场标准化作业流程

依托电力行业规程标准重构生产现场全流程标准化作业范式,对倒闸操作、设备巡检、停电检修、带电作业等核心工序编制统一作业指导书,明确每一道操作环节的工艺标准、安全边界与操作时序。将两票三制执行细则嵌入现场作业全链条,固化工作票签发、许可、交底、监护、终结的全流程管控节点,细化不同运行方式下的安全隔离、接地布设、安全距离管控标准^[5]。融入智能作业管控手段,利用现场作业终端实现作业流程线上流转、危险点清单自动匹配、操作步骤逐项核验,规避人为简化作业环节带来的管控漏洞。统一现场安全设施布设标准,规范安全围栏、警示标识、隔离挡板的布设位置与规格要求,细化交叉作业、高空作业、有限空间作业的专属作业规范,以流程标准化实

现现场作业行为的刚性约束。见图1。



图1：停电检修标准化作业流程图

(四) 完善现场作业安全监督考核机制

搭建多层次联动的现场作业安全监督考核架构,构建现场旁站监督、远程视频巡检、后台数据溯源三位一体的监督网络,依托变电站高清监控、作业穿戴智能识别终端实现违章行为自动抓拍与实时预警。细化安全监督管控清单,把两票执行、安全措施布设、作业人员资质匹配、危险点交底落实等内容纳入日常监督核查范畴,实现作业全过程无死角管控。建立量化考核指标体系,将现场违章频次、隐患整改闭环时效、规程执行合规率纳入班组及岗位绩效考评维度,采用数据量化方式替代传统定性评价模式。完善隐患闭环治理流程,对监督排查发现的现场安全隐患实行分级建档、限期整改、复核销号的闭环管理模式,把监督结果与岗位履职、班组评优、岗位晋升形成深度绑定,以刚性考核约束固化现场安全作业行为规范。

四、结语

电力生产现场作业安全是电网稳定运行的核心前提,更是电力行业高质量发展的底线要求,其风险管控水平直接关系到电力系统运维安全、设备健康状态及生产作业秩序。结合电力运行端实际工况,精准辨识现场作业各类安全风险,深挖人员、设备、制度、环境层面的深层诱因,是构建科学管控体系的基础。系统化的管控措施需贯穿风险辨识、成因剖析、落地执行全过程,通过强化教育培训、健全设备运维、规范作业流程、完善监督考核,实现安全风险的前置防控与闭环管理。唯有构建全方位、多层次的风险管控格局,才能有效规避现场作业安全隐患,筑牢电力生产安全防线,为电力安全生产提供可靠保障。

参考文献

- [1] 别念, 杨振斌. 基于 AHP 的电力作业安全风险模糊综合评价 [J]. 工业安全与环保, 2025, 51(11): 1-6.
- [2] 刘新远, 王瑞君. 变电运维误操作事故的预防控制措施研究 [J]. 电工技术, 2023, (S1): 155-157.
- [3] 石荣峰, 张少帅. 基于大数据技术的电力安全管理风险分析及控制研究 [J]. 现代职业安全, 2024, (08): 70-72.
- [4] 黄晓丽. 大数据技术在电力安全生产管理中的风险评估及运用分析 [J]. 电气技术与经济, 2023, (10): 231-234.
- [5] 张明. 电力运行中的安全风险与应急体系分析 [J]. 集成电路应用, 2022, 39(10): 120-121.