

论电力设备检修全流程效率管控

彭璐 汪有兴

内蒙古电力(集团)有限责任公司阿拉善供电公司 内蒙古 阿拉善盟 750306

摘要:近些年来,我国的国民经济得到了快速发展,人们生活水平有了很大提升,人们已经步入了信息化和数字化时代中,人们对于电能的需求量呈现出上升趋势,在电力设备应用过程中往往会出现各种各样的问题,这就要求电气设备领域的专家对设备进行检修,本文对电力设备检修工作各个环节实施全面、具体的分析,提出各个单位之间相互协调和互相配合,共同实施电力设备全流程效率管控的措施和建议,探讨电力设备检修全流程效率控制。

关键词:电力设备;检修;全流程;效率管控

伴随着社会的不断进步,经济得到了高速发展,在经济高速发展的同时,人们生活水平有了很大提升,在人们日常工作和生活过程中,电气设备取代了过去传统的手工操作,电气设备的广泛应用不仅仅节约了劳动力,更加降低了企业生产经营成本,有利于企业获得更多的经济效益和社会效益。

1 电力设备检修定义

电力设备检修是指运用专业检测技术对电力设备实施系统性维护的行为,核心目标在于保障设备安全稳定运行并延长使用寿命。其定义涵盖以下关键要素:

1.1 系统性维护活动。包含对设备进行检查、维护、修理或更换部件等步骤,旨在恢复或保持设备正常功能。在电力领域,特指通过辐射传感、声振动传感等技术手段实现状态监测与故障诊断的专业工作。

1.2 双重目标导向。安全保障:预防潜在故障,确保设备运行安全;效能提升:优化设备性能精度,延长使用寿命并提高运行效率。

1.3 技术实施特征。依赖红外成像、在线监测等动态检测技术,结合设备参数数据库进行实时分析与策略调整。实施过程需建立标准化制度及专业团队,尤其注重母线倒闸等高风险操作的专项规程。

2 电力设备检修全流程效率管控的含义

电力设备检修全流程效率管控是一种系统化管理方法,覆盖设备检修的全生命周期(从规划、预防、实施到复盘),通过优化流程、整合资源和技术应用,提升检修效率、保障设备可靠性并降低成本。其核心是通过标准化、智能化和协同机制,确保检修活动的科学性、及时性和经济性。

2.1 核心要素解析。全流程覆盖:包含“预防—监测—抢修—复盘”的闭环体系,每个环节紧密衔接,避免断裂。预防阶段:定期“体检式”巡检(如红外测

温、油色谱分析),基于历史数据制定差异化维护策略,主动消除隐患。监测阶段:实时采集设备运行参数(电压、温度等),借助传感器和AI算法预判故障风险,触发早期干预。抢修阶段:标准化响应流程(如模块化备件库、5G+AR远程指导),缩短故障处置时间,最小化停电影响。复盘阶段:分析故障根因,更新维护标准和案例库,实现经验迭代与流程优化。效率导向:聚焦资源动态调配与成本控制,例如:减少过度检修(如避免“到期必修”的盲目性),降低维修费用率20%-30%。优化备件周转率,提升资产可用率,每提高1%可减少数百万元停机损失。管控机制:依赖数据驱动决策,建立量化指标(如MTBF平均无故障时间、MTTR平均修复时间)指导检修周期和资源配置²。同时,强调跨部门协同(如运维与检修一体化),避免设备频繁停运。

2.2 目的与意义。该管控模式旨在实现“被动维修”到“主动健康管理”的转型;安全维度:通过精准预防降低故障率65%以上,保障电网稳定运行。经济维度:综合成本控制(如减少库存与紧急采购支出),提升设备综合效率(OEE),间接增加发电收益。创新维度:推动智能化技术落地(如AI预测性维护、无人机巡检),使检修效率提升50%以上,适应新型电力系统需求。电力设备检修全流程效率管控是电力企业战略转型的关键工具,通过流程闭环、数据赋能和资源优化,确保检修活动高效、安全与经济平衡,支撑电力系统可持续发展。

3 电力设备检修全流程效率管控分析重要性

电力设备检修全流程效率管控是电力行业保障系统安全、优化资源配置及提升经济效益的核心环节,其重要性主要体现在以下方面:

3.1 保障电力系统安全稳定运行的关键支撑。预防大规模故障:全流程效率管控通过精准的预防性维护与实时监测,能在设备隐患初期主动干预,降低故障率65%

以上。例如，油色谱分析、红外测温等技术可提前发现变压器内部缺陷，避免突发停电事故。缩短故障恢复时间：标准化抢修流程配合模块化备件库与远程专家指导（如5G+AR技术），可将抢修效率提升4倍，故障处置时间缩短至原有时长的25%。

3.2 经济效益的关键支撑。降低运维成本：减少过度检修导致的资源浪费，避免“到期必修”的盲目性，使维修费用率降低20%-30%；通过备件周转率优化及预防性维护比例提升，压缩库存成本与紧急采购支出。提升资产效能：设备综合效率（OEE）提升直接关联发电量增长，例如数字化质检技术使检测效率提升50%，减少设备入网故障率，年降低经济损失超千万元；可用率每提高1%，可减少因停机导致的生产损失约数百万元。

3.3 推动技术创新及流程优化。新技术应用驱动：机械化自主检修（如输电线路全流程机械化作业）缩短检修耗时，人力投入减少40%；无纸化检测与AI校验技术（如RPA报告校核）提升数据准确性，一次检验合格率由92%升至98%。

流程闭环管理：建立“预防-监测-抢修-复盘”体系，通过故障根因分析优化维护策略，使同类故障复发率下降70%；各单位协同管控减少设备停运频次，提升电网整体可靠性。

3.4 设备管理核心指标的科学依据。效率管控为关键指标（如MTBF、MTTR、可用率）提供数据支撑：MTBF（平均无故障时间）：量化设备健康状态，指导大修周期决策；维修成本占比：监控维修费用率（维修成本/资产总值），避免投入不足或过剩；可用率：直接反映生产连续性，需结合点检率（ $\geq 95\%$ ）确保执行有效性。

3.5 成本控制的管理杠杆。电力企业成本核算依赖检修效率数据：精细化分摊维修费用（人工/材料/停机损失），优化年度预算分配；避免“维修黑洞”，例如某企业通过管控使维修费用率下降15%，释放资金用于智能电网升级。

3.6 全流程闭环管理的必要性。从规划到复盘的闭环体系确保可持续性：预防阶段：定期“体检式”巡检结合历史数据分析，制定差异化维护策略；抢修阶段：快速响应机制（如20分钟完成检修）最小化用户影响；复盘阶段：故障案例库更新维护标准，推动管理迭代。

4 电力设备检修全流程细节管理

电力设备检修全流程的细节管理需贯穿准备、执行、验收三大阶段，通过标准化操作与风险预控保障作业安全高效：

4.1 准备阶段：精准策划与风险预控。计划申报与授

权，明确停电范围、检修内容及安全措施，提报工作票并获调度批准。可视化标注带电区域（如悬挂“止步，高压危险”警示牌）及接地线装设位置。环境与工具准备，检测作业环境（如瓦斯浓度 $< 1\%$ 才可操作）；校验绝缘工具合格性，清点设备（如梯子需两人放倒搬运防触线）。安全预演与分工，工作领导人组织开工会，分析危险点（如母线倒闸误操作）并制定防护措施；分配监护职责（如有限空间作业需专职监护）。

4.2 执行阶段：标准化操作与实时监控。安全隔离与验电，严格执行“停电→验电→接地”三步操作：断电后使用对应电压等级验电器逐相验证；合接地刀闸或装设接地线，悬挂“禁止合闸”警示牌。检修操作规范，设备清洁与检测：清除污垢后，进行绝缘测试（如变压器直流电阻相间差 $\leq 2\%$ ）；部件维护：触头打磨后薄涂导电膏（“少而匀”原则），更换磨损超50%的接触器；过程监控：接入风控系统实时预警违规动作（如高空工具未绑扎）。协同与应急处置，多作业点并行施工（如线夹更换与设备检查同步）；突发异常立即停工，启动预案（如有限空间缺氧时启用正压呼吸器）。

4.3 验收与闭环管理。功能测试与文档记录，恢复送电前拆除接地线，测试三相平衡度（电流偏差 $\leq 10\%$ ）；填写检修日志，记录关键数据（如绝缘电阻 $> 1M\Omega$ ）及遗留问题。质量追溯与改进，验收小组审核检修质量，使用鱼骨图分析故障根源；归档设备历史档案，优化后续维护策略。关键风险防控细节，防误操作：压板投退逻辑校验（运行中禁用“检修压板”）；监护人与操作人双重确认步骤。

特殊作业防护：高处作业系双重安全带，六级大风停工；动火前清除10米内可燃物，气瓶间距 ≥ 5 米。管理成效：标准化流程缩短30%工期；状态检修减少40%突发故障；闭环文档提升运维连续性。此流程通过技术规范与制度约束，实现检修全周期可控在控。

5 电力设备检修效率管控策略

电力设备检修效率管控的核心策略需融合技术升级、流程再造及管理优化，以下为关键实施路径：

5.1 技术赋能驱动效率跃升。智能检测工具应用，采用无线控制仪器（如手机APP调参）与自动报告生成设备，减少人工记录耗时；推广无人机巡检覆盖盲区，降低高空作业风险并提升排查速度。应用二合一智能设备（如直阻变比测试一体机），减少设备切换与重复接线环节，单次测试效率提升50%。数据驱动精准决策，构建设备数字化日志，跟踪零件寿命曲线与性能劣化趋势，预测高发故障（如三相电流失衡超10%触发停机）。利用

红外成像、在线监测技术实时分析设备状态，动态调整检修策略。

5.2 标准化流程优化作业周期。计划阶段预控风险，提前精准申报检修需求，明确停电范围与安全措施；通过工作票预演高风险操作（如验电挂线顺序），减少实操失误。推广并行作业模式，多作业点协同施工（如线夹更换与设备检查同步执行）。执行阶段严控规范，全程接入风控系统实时监控动作合规性，强制高空作业工具绑扎、物料绳索传递等安全规程。严格执行压板投退逻辑（如运行中禁投“检修压板”），杜绝误操作引发系统异常。

5.3 人员管理与制度创新。技能强化与协同机制，定期培训设备原理与故障诊断技术，提升快速定位能力；建立跨部门备件供应协同通道，确保资源匹配任务优先级。推行“观察比较法”：故障设备与正常设备参数对比，加速故障定位（如PLC状态异常识别）。柔性检修制度转型，打破僵化定期维护（如传统4~6年大修），转向“状态检修”模式，依据设备实时状态动态制定维护计划。将维修时效、返修率纳入绩效考核，激励效率提升。

5.4 预防性维护降本增效。周期化深度保养：易损件定期更换（如发电机500小时换三滤），年度大修涵盖曲轴校正、绕组绝缘测试等深度维护。故障根源治理：采用鱼骨图、5WHY分析法追溯根本原因，避免同类问题复发。增效成果：工具智能化可缩短30%现场耗时；预防性维护降低突发故障率40%；柔性制度减少无效停机时间。

6 电力设备检修技术应用与创新

当前电力设备检修领域的技术创新正推动行业向智能化、高效化方向变革，以下为关键应用与突破：

6.1 智能装备驱动作业模式升级。无人机集群化应用，大载重无人机实现工器具空中转运，单架次4小时可

完成20人·天的运输量，突破山地地形限制；搭载零值检测装置开展高空绝缘子巡检，同步执行验电、挂拆接地线等任务，替代传统高危人工操作。机器人协同作业体系，机械臂自主紧固螺栓、更换设备部件，降低人工作业强度；综合检修机器人搭载AI导航算法，实现输电线路全流程智能化检修。

6.2 核心技术突破与工法创新。空间限制破解技术，“狭小空间GIS断路器平移工法”，通过定制导轨和平移装置，在750千伏变电站极端空间内完成20台设备更换，规避电网解列风险。预测性维护技术，基于大数据分析设备劣化趋势，AI算法预判高发故障（如三相失衡超10%自动预警），指导精准检修介入时机。

综上，电力设备检修是以状态评估为基础、以故障预防为核心的系统性技术维护体系，对保障电力系统连续生产具有关键作用¹⁴。结论：电力设备检修全流程效率管控不仅是技术需求，更是企业安全与效益平衡的战略工具。其通过数据驱动决策、资源动态调配及技术创新应用，实现从“被动维修”到“主动健康管理”的转型，为新型电力系统建设提供底层支撑¹³。

参考文献

- [1]李鹏.提高天津中压配网可靠性的建设方案效果分析[J].电力系统及其自动化学报,2022,(06).
- [2]王菊莉.2007年山东电力集团公司城市中压用户供电可靠性指标分析[J].电力设备,2022,(11).
- [3]王宇颖.智能电网评估指标体系中电力用户需求指标集的构建[J].电网技术,2022,(06).
- [4]胡泽柱.供电可靠性统计数据的自动提取与实时计算研究[J].电力科学与工程,2022,(03).
- [5]卢志鸣.供电企业的可靠性管理及其提高策略[J].电力系统及其自动化学报,2022,(02).