

变电检修技术与变电检修流程优化

周 超

内蒙古华电新能源分公司 内蒙古 包头 014040

摘 要：本文阐述变电检修技术分类、发展历程及在电力系统中的应用，剖析传统检修流程特点与现存问题，包括计划制定不合理、资源分配不均衡、管理不规范及信息沟通不畅等。针对这些问题，从设备状态评估、资源配置、过程管理、信息协同等方面提出优化策略，旨在提升变电检修效率与质量，保障电力系统安全稳定运行。

关键词：变电检修技术；检修流程；状态检修；流程优化

引言：变电检修是电力系统稳定运行的重要保障。随着电力技术发展，传统检修技术与流程逐渐暴露出不足。当前，变电设备运行工况日趋复杂，新能源大量接入更增加了检修难度。深入研究变电检修技术，优化检修流程，对提高电力系统可靠性、降低运维成本具有重要意义。

1 变电检修技术

1.1 变电检修技术的分类

1.1.1 状态检修技术

状态检修技术通过评估设备运行状态，依据实时监测数据判断设备健康程度，确定检修时间与方式。其核心是持续跟踪分析设备关键参数，捕捉异常趋势，实现预防性维护。在线监测借助嵌入设备的传感器，实时采集温湿度、电流电压等数据，经通信网络传输至监测中心，可动态追踪设备状态，及时发现变压器局部过热、开关接触不良等隐患。离线监测则在设备停运时，使用专用仪器进行绝缘电阻测试、介质损耗测量等，虽能深入检测设备内部性能，但无法全程监控运行状态。

1.1.2 定期检修技术

定期检修周期依设备类型、运行环境、使用年限而定，恶劣环境或高负荷运行设备检修周期较短。检修内容包括设备外观破损老化检查；断路器分合闸速度、弹簧压力等机械性能测试；绕组直流电阻测量、介损试验等电气性能检测；以及润滑、冷却系统维护，积尘清理和老化部件更换。

1.1.3 故障检修技术

振动分析利用设备运行振动信号，经频谱分析分解频率成分。设备正常运行振动信号有规律，内部异常如轴承磨损、齿轮啮合不良时，振动频率和幅值改变，据此判断故障类型与程度。油色谱分析通过检测变压器油中溶解气体成分含量，判断设备内部过热、放电等故障，不同故障产生特定气体组合，实现精准定位。故障

处理从信号捕捉开始，监测系统或人工巡查发现异常后启动诊断，确定故障位置和原因，制定方案，准备工具备件，落实安全措施后修复，最后全面测试确保设备正常运行。

1.2 变电检修技术的发展历程

传统检修以事后维修为主，设备故障后才处理，易造成电力中断和损失扩大。后发展为定期检修，但存在过度检修或检修不及时问题，导致资源浪费与安全隐患。现代检修引入先进监测和数据分析手段，实现被动维修到主动维护转变。智能传感器配合大数据、云计算，深度挖掘设备数据，精准预测故障，使状态检修成为主流，提升检修效率与准确性。未来，变电检修将向智能化、自动化发展。人工智能算法融入故障诊断实现自主决策；机器人、无人机承担复杂环境检修任务；物联网实现设备互联互通，构建高效管理体系。

1.3 变电检修技术在电力系统中的应用

不同电压等级变电站检修技术应用有别。低电压等级变电站设备简单，多采用定期检修结合简易在线监测保障运行。高电压等级变电站设备复杂、供电可靠性要求高，广泛应用状态检修，以高精度传感器和监测系统全方位监控关键设备^[1]。变电检修保障电网安全稳定。状态检修提前排除隐患，避免大面积停电；定期检修延长设备寿命；故障检修快速响应，缩短故障时间，降低电网冲击。新能源接入使电网工况复杂，设备状态多变，对检修技术精度和实时性提出更高要求。但新能源推动智能电网建设，为新技术应用创造条件，如利用新能源发电波动数据优化检修策略。

2 变电检修流程现状

2.1 传统变电检修流程的特点

传统变电检修流程遵循固定周期模式，由任务下达、现场勘查、方案制定、检修实施和验收五个环节依次推进。任务下达阶段，根据设备运行时长或预先设定

的时间周期启动检修需求；现场勘查环节，检修人员深入变电站，实地查看设备外观、记录运行参数；方案制定时，结合勘查结果，明确检修内容、技术标准和安全防护措施；检修实施阶段，依照方案对设备进行拆解、性能检测、部件更换等操作；验收环节则通过功能性测试，核查检修后设备是否符合运行要求。这种流程凭借标准化操作，能够保障检修工作按部就班地开展，在设备运行状态相对稳定的场景下，可有效维持电力系统基本运行。然而，由于流程设计依赖固定时间周期，缺乏对设备实时运行状态的动态评估，导致两种极端情况频发：对于健康设备，周期性重复检修消耗大量人力物力；对于存在潜在隐患的设备，因未达检修周期要求而无法及时处理，为电力系统运行埋下安全隐患。

2.2 当前变电检修流程存在的问题

2.2.1 检修计划制定不合理

检修计划制定过程中，过度依赖经验判断，未能充分利用设备运行产生的海量数据进行深度分析。缺乏精准的设备状态评估手段，使得检修周期与设备实际需求严重脱节。一方面，部分运行状态良好的设备，因遵循固定周期安排，频繁接受不必要的检修，徒增维护成本；另一方面，存在故障隐患的设备，由于未达到预设检修时间节点，无法及时得到处理，故障风险随着运行时间不断累积，可能引发更严重的事故。

2.2.2 检修资源分配不均衡

人力资源调配存在明显的技术错配现象。复杂的设备故障往往需要经验丰富、技术精湛的检修人员处理，但实际工作中，这类任务常被分配给技术能力不足的人员，导致故障诊断和修复耗时过长，效率低下。而一些简单的检修任务，却占用了资深检修人员的大量精力，造成人力资源浪费。在物力资源管理上，缺乏科学规划，备件储备既存在大量积压闲置的情况，占用仓储空间和资金，又时常出现关键备件供应不足的问题，当设备突发故障时，因缺少备件而延误检修进度。

2.2.3 检修过程管理不规范

检修作业缺乏统一、明确的标准，不同班组甚至同一班组的不同人员，在处理相同设备检修任务时，操作流程和技术要求存在差异，这种不规范导致检修质量难以保证，不同设备检修后的可靠性参差不齐^[2]。质量监督环节存在严重漏洞，仅对设备外观和表面性能进行检查，忽视对检修过程中关键工艺节点的把控，无法及时发现深层次的质量缺陷。验收环节同样薄弱，无法有效识别检修后设备仍存在的潜在问题，使得设备带隐患投入运行，增加了电力系统运行风险。

2.2.4 信息沟通不畅

部门之间信息传递存在严重的延迟与失真问题。设备运行部门实时监测到的设备异常数据，无法及时传递至检修部门，导致检修方案制定时缺乏关键信息，与设备实际运行工况脱节。反之，检修部门制定的检修方案也难以及时反馈给运行部门，双方信息不对称。这种信息壁垒使得各部门之间协同困难，容易出现重复工作，或是因信息不准确导致检修方案频繁修改，大幅延长整体检修周期，降低了检修工作的协同效率。

2.3 影响变电检修流程效率的因素

2.3.1 设备因素

设备种类和复杂程度直接决定检修流程的难易程度和耗时长短。大型变压器、高压断路器等结构精密、功能复杂的设备，检修时需要拆解众多零部件，进行多项性能检测，流程繁琐，涉及多个专业领域知识和技术，导致检修工期显著延长。设备老化程度与故障频率密切相关，老化设备由于零部件磨损、绝缘性能下降等问题，故障发生频率明显增加，频繁出现的突发故障打乱既定检修计划，迫使检修人员投入大量精力进行应急处理，增加了检修工作的不确定性和复杂性。

2.3.2 人员因素

检修人员的技术水平和经验对检修流程起着关键作用。经验丰富、技术熟练的人员能够快速识别设备故障特征，准确判断故障原因，高效制定解决方案并完成检修任务。相比之下，技术不足、经验欠缺的人员在故障诊断过程中容易出现误判，在检修操作时可能因不熟悉流程而耗费大量时间，甚至因操作不当引发新的问题。人员的工作态度和责任心直接影响检修质量和效率。缺乏责任心的人员在检修过程中容易敷衍了事，忽视细节问题，导致检修不彻底，增加设备二次故障风险，进而影响整个检修流程的推进。

2.3.3 管理因素

检修管理制度的完善程度直接制约着检修流程的顺畅运行。管理制度不完善会导致各部门、各岗位之间职责边界模糊，一旦出现问题，容易产生相互推诿的现象，延误检修进度。管理流程的科学性和合理性同样重要，繁琐的审批流程、冗余的手续要求，会大幅延长检修准备时间，从检修计划审批到备件领用，每一个环节的低效都会累积成整体检修效率的低下。科学管理体系的缺失，使得检修工作难以实现高效有序的开展，直接影响电力系统的稳定运行。

3 变电检修流程优化策略

3.1 基于设备状态的检修流程优化

建立完善的设备状态评估体系,需构建多层次监测框架。通过部署温度传感器、振动监测装置、局放检测仪等设备,实现对变电设备关键参数的全覆盖采集^[3]。同时搭建数据分析模型,整合设备历史运行数据、出厂参数及环境参数,形成动态评估数据库。状态评估指标围绕电气性能、机械特性、热稳定性等方面展开,采用绝缘电阻测试、介质损耗分析衡量电气绝缘状态;通过机械振动频谱、分合闸时间测定评估机械部件性能;利用红外热成像、油色谱分析监测设备发热与内部故障隐患。评估方法结合阈值判断与趋势预测,设定预警区间,对参数异常波动进行早期识别。实时监测依赖多源感知技术,在设备关键部位安装智能传感器,借助物联网通信协议将数据传输至中央平台。建立数据清洗机制,去除异常值与噪声干扰,确保数据准确性。根据评估结果制定个性化检修计划,针对不同健康等级设备划分常规维护、重点监测和深度检修策略,提升检修针对性与效率。

3.2 检修资源优化配置

3.2.1 人力资源优化

合理分配检修人员需建立能力评估模型。依据人员技术等级、专业方向与项目经验,制定岗位匹配矩阵。复杂故障由资深工程师牵头,搭配技术骨干组成攻坚小组;常规维护任务分配给初级人员,由中级人员现场指导,实现人力资源效能最大化。加强人员培训需构建分层培养体系。新员工通过标准化操作实训掌握基础技能;中级人员参与专项技术培训,提升复杂故障诊断能力;高级人员定期参与技术研讨会,跟踪行业前沿技术。同时建立考核激励机制,将培训成果与岗位晋升、绩效评定挂钩。

3.2.2 物力资源优化

优化物资采购与库存管理,采用联合库存管理模式。建立供应商动态评估机制,优先选择供货周期短、质量稳定的合作方。实施备件需求预测,结合设备运行数据与历史维修记录,制定分级储备计划。对常用备件保持安全库存,对稀有备件采用供应商直供模式,减少库存积压。提高物资利用效率需推行全生命周期管理。建立备件使用追溯系统,记录领用、安装、更换全过程信息。对更换下的部件进行修复评估,通过再制造技术恢复性能,降低采购成本。同时优化仓储布局,按照使用频率分类存放,缩短备件取用时间。

3.3 检修过程规范化管理

制定统一的检修作业标准,需编制标准化作业指导书。明确不同设备检修流程,细化拆解、检测、组装等操作步骤;规定工艺参数控制范围,如螺栓紧固力矩、电气间隙要求;设定质量验收标准,涵盖外观检查、性能测试等维度^[4]。加强质量监督需构建三级管控体系。班组级开展自检互检,记录关键工序操作数据;部门级进行过程抽检,核查工艺执行情况;公司级实施飞行检查,对重大检修项目进行专项验收。建立质量问题追溯机制,对不合格项制定整改方案并跟踪闭环。规范验收流程需完善验收标准与流程。验收前准备设备检测报告、维修记录等资料,组织多专业人员成立验收小组。采用逐项核查方式,对照作业标准进行功能性测试与性能验证。验收合格签署确认文件,不合格项限期整改并重新验收,确保检修质量达标。

3.4 强化信息沟通与协同

建立信息共享平台,整合设备管理、检修计划、物资库存等系统数据。采用统一数据接口标准,实现设备台账、运行参数、检修记录等信息实时同步。平台设置权限管理功能,不同岗位人员按需获取数据,避免信息泄露风险。加强部门间协同合作需明确职责边界。设备运行部门负责实时监测与故障预警,检修部门主导方案制定与实施,物资部门保障备件供应。建立跨部门例会制度,定期通报设备状态与检修进展,协调解决资源调配、技术支持等问题。同时制定应急联动预案,针对突发故障启动快速响应机制,缩短故障处理时间。

结束语

变电检修技术的革新与流程优化是电力行业持续发展的关键。通过建立设备状态评估体系、优化资源配置、规范过程管理和强化信息协同,可有效解决传统检修流程的弊端。未来,随着技术进步,变电检修将朝着智能化、高效化方向迈进,为电力系统稳定运行提供更坚实保障。

参考文献

- [1]郭宇航.变电检修技术与变电检修流程优化[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(11):26-29.
- [2]唐超.变电检修技术与变电检修流程优化研究[J].城市建设理论研究(电子版),2021(21):6-7.
- [3]谢铮.变电检修技术与变电检修流程优化研究[J].电力设备管理,2024(18):214-216.
- [4]李易潘,邓胜兰.变电检修技术与变电检修流程优化探讨[J].电脑采购,2023(21):50-52.