

变电站安全运行管理与设备维护

马 赛 勇天泽 张洺源

国网吉林省电力有限公司超高压公司 吉林长春 130000

摘 要：变电站是电力系统中进行电压变换、电能分配和调度控制的重要场所，变电站运行状态的好坏直接影响电网的可靠供电。本文就变电站安全运行、设备管理展开论述，从运行状态监控、安全风险防控、设备维护检修、应急响应建设四个方面来建立变电站管理策略框架。经过研究得知，健全巡检制度、运用在线监测、实施预防性试验、加强隐患排查、完善应急预案等综合手段，可以明显提高设备的可靠性、降低运行风险，从而保证变电站长时间的安全稳定运行。本文所提出管理思路和实践方法，可以给变电站运维水平提高、电网韧性加强提供理论参考和操作指导。

关键词：变电站；安全管理；设备维护

变电站是电网的重要枢纽，有变压器、断路器、互感器等高压设备，担负着电能转换、传输、系统保护的任 务。由于设备长期处于高电压、强电流、复杂电磁环境等条件下运行，所以很容易因为绝缘老化、机械磨损、环境腐蚀等原因而性能下降甚至故障，从而造成电网停电，给社会经济造成损失。因此，创建科学完备的安全管理以及设备保养体系，乃是保证变电站安全稳定的根基。目前变电站运维由“事后处理”变为“预防为主、状态检修”，急需建立设备全生命周期、人防和技防相结合的现代管理机制。本文从运行监控、风险防控、设备维护、应急处置四个方面，对安全管理的技术要点和实施途径进行系统分析，以期达到提高运维工作标准化、精细化、智能化水平的目的，为电网的安全稳定运行提供系统的支撑。

一、运行状态监控体系

（一）巡检制度建立

建立规范的定期巡检制度，是发现设备异常的前提。运行人员必须按照预先设定的巡检路线和频次对站内所有区域及重要设备做全项检查。日常巡视重点有设备外观有无漏油、过热、异常声响、异味；变压器油位是否正常，套管、冷却系统运行是否平稳；断路器、隔离开关操作机构动作是否灵活，瓷瓶有无破损裂纹；母线连接点有无发热变色，绝缘子表面是否干净；避雷器计数及泄漏电流是否正常，接地装置电阻是否符合要求；二

次设备室内环境及屏柜指示状态。巡检发现的问题要按缺陷等级分类记录，紧急缺陷立即处理，一般缺陷纳入后续检修计划。

（二）在线监测应用

在线监测技术可以对设备的状态进行连续的、实时的跟踪。用变压器油色谱分析检测油中溶解气体的组分和含量，能尽早发现过热或者放电隐患，局部放电监测使用超声波和超高频法，可以提高绝缘缺陷的灵敏度和定位精度，红外热成像技术能够直观显示设备温度分布，找到接线处过热等异常，断路器机械特性监测可以记录分合闸时间、速度曲线等参数来评价机构性能，避雷器带电测试可长期监测阻性电流，反映其内部状况。振动监测可以发现机械松动或者电磁异常。监测数据通过通信网络实时上传到主站，系统自动与阈值进行比较并报警，长期积累形成设备健康档案，给状态评价和检修决策提供依据^[1]。

（三）数据分析处理

有效利用监测数据要依靠专业的分析能力。运行人员应定时查看数据趋势，对突然变化或者持续变坏的现象做进一步的分析。综合分析各种监测信号如果多个参数都出现异常的话，那么就说明故障的概率会大大增加。分析时要联系设备的运行年限，负荷情况以及环境因素等加以综合评定。历史故障案例库可以给诊断提供参照，专家系统可以协助分析复杂故障的原因并给出处理建议。根据设备的劣化规律建立预测性维护模型，可以预测出剩余寿命并提前做好修理的准备，防止出现突然性的故障。定期制作的报表可以全方位地体现设备的工作状况，

作者简介：马赛（1980.01-），男，汉族，吉林省蛟河市人，本科学历，高级工程师，研究方向为电力系统。

给管理决策提供支持。同时要对异常数据实行从发现、分析、处理到验证的闭环管理,保证问题得到彻底解决。

二、安全隐患防控措施

(一) 环境因素管控

变电站的运行环境会对设备的性能以及寿命造成影响。沿海地区盐雾腐蚀问题比较严重,需要定期清扫或者涂刷防污涂料来保持绝缘子的绝缘性能。工业区域大气污染物容易在设备表面沉积,应该结合化学清洗和高压水冲来恢复它的绝缘性能。高海拔地区空气稀薄,设备选型、安装要考虑到海拔校正系数。寒冷地区要配备加热装置,保证操作机构和控制柜在低温下正常工作,对水冷系统做防冻保护。雷电频发区域要完善避雷器的配置和接地网,并且对接地电阻做定期的检测。另外需要封堵孔洞、设置防护装置等来防止小动物的入侵,并保证站内排水畅通,及时清除积水,控制周边植被的生长,保证与带电设备的安全距离。

(二) 操作风险防范

倒闸操作属于变电站日常工作中风险较高的环节,必须严格遵守操作票制度。操作人应根据调度指令规范填写操作票,确定操作步骤、设备编号和安全措施,监护人复核确认。操作前要认真核对设备的双重名称和编号,用合格验电器确认设备无电。装设接地线时应按照“先接接地端,后接导体端”的顺序,悬挂相应的标示牌。必须保持与带电设备的安全距离,停电作业前应确认所有的电源断开、刀闸拉开并上锁。监护制度要落实到人,操作人员与监护人各司其职,监护人全程监督、及时提醒,不得直接参与操作。

(三) 消防安全保障

变电站的火灾风险大,所以预防措施要全面到位。站内设备布置要符合防火间距要求,变压器下面需设置贮油坑和挡油墙,还要配设事故排油管道。消防器材应种类齐全、数量充足,并且要定期检查维护,保证随时可以使用。水喷雾和气体灭火系统要定期做试验,保证自动启动功能正常。火灾报警系统要灵敏可靠,能和消防部门联动。电缆沟、电缆夹层等处应严密封堵,实行防火分隔,电缆应做阻燃处理。值班人员要掌握灭火器材的使用方法、初期火灾扑救方法,并经常进行消防演练。站内严禁明火,动火作业要履行审批手续,配备监护人和灭火器材,作业完毕后清理现场。

三、设备维护检修策略

(一) 预防性试验开展

预防性试验可以检测设备绝缘状况以及电气性能。

停电试验在设备退出运行后进行,测量绝缘电阻来判断绝缘的整体状况,阻值偏低说明受潮或者污染。介质损耗因数是用来表示绝缘介质损耗的程度,介质损耗因数越大说明绝缘老化越严重。泄漏电流试验检验绝缘子、套管性能,电流超标要清扫或者更换。变压器变比测量来检验匝数比的准确性,偏差太大影响电压调节。直流电阻测试用来评价绕组及导电回路的连接情况,三相不平衡或者阻值异常找出接触不良点。断路器特性测试有分合闸时间、速度、同期性等参数,超过允许偏差调整操作机构。继电保护装置校验核对定值整定,模拟故障测试动作的准确性,通信接口检查信号传输正常。试验周期按设备种类和电压等级来定,主设备一般每年或者每三年试验一次,二次设备按重要性定期校验。试验报告详细记录数据和结论,与历史数据对比分析变化趋势,异常结果查明原因采取措施。

(二) 检修作业实施

计划性地进行设备的检修来消除设备上的缺陷,从而使得设备可以正常运转。检修前编制作业方案,确定工作内容、安全措施、人员分工、工期进度。工作票制度管理现场安全,工作负责人开具工作票,运行人员完成许可手续,并核实安全措施落实。检修内容根据设备特点和缺陷情况来确定,变压器检修项目有吊芯检查、绕组干燥、油处理、密封更换等。对断路器的灭弧室触头磨损情况进行检查,更换易损件,调整机构参数,润滑传动部件。隔离开关检修瓷件表面、紧固连接螺栓、检查刀口接触压力。检查互感器的绝缘性,进行二次接线检测,拧紧端子螺丝。避雷器解体试验测量电阻片特性,不合格元件更换。母线检修检查连接点温度,测量接触电阻,过大的地方拆开打磨重新连接。二次设备清扫积尘,紧固接线端子,测试各项功能,升级软件版本。检修完成后进行试验验收,各项指标合格后方可投入使用。

(三) 备品备件管理

备品备件属于设备快速抢修的物资储备。备件种类按照设备清单及易损件特点确定,关键设备配置整机备用,常规设备储备关键部件。库存数量按照用量和采购周期来确定,既保证应急所需又不会造成存货积压浪费^[2]。对备件的规格型号、外观质量、技术资料等进行入库验收,合格后登记入账。储存环境应干燥通风,温度、湿度应符合要求,不能产生锈蚀、霉变。定期盘点核对账物相符,检查备件状态,临近保质期的提前使用。领用审批流程规定权限,凭领料单出库、登记领用人和用

途。使用过的废旧件回收入库，可修复件送修，报废件按规定处置。信息化管理系统可以对备件的进、出、存情况进行实时记录，发出库存不足的预警并及时采购补足。供应商评估制度保证备件质量，建立合格供应商名单，对供货及时性、产品可靠性等进行定期的评价。应急备件专项管理，24小时待命状态，发生故障时马上调配使用，之后补充到原来的储备里。

四、应急响应能力建设

(一) 预案体系完善

创建科学且完备的应急预案体系是变电站应急管理的基本条件。该体系应该采用分层结构，由总体预案、专项预案和现场处置方案三部分组成。总体预案确定应急组织机构、职责分工和响应流程，专项预案对变压器火灾、全站失电、设备爆炸等特定事故类型的应急措施作出详细规定，现场处置方案给出具体的执行步骤，指导值班人员快速应对。预案的编制要充分吸取历史事故的教训，联系本站的设备状况、人员安排等实际情况，保证预案具有针对性、可操作性。还要制订包含人员、物资、设备的应急资源清单，确定调配程序和外部支援渠道。预案要定时修改更新，并且要经过桌面推演、实战演练等来检验和改善，从而维持它的时效性与有效性。

(二) 故障快速处理

创建起快速高效的故障处理机制，对于保证电网的可靠性来说十分重要。当设备发生故障的时候，值班人员要依靠监控系统、报警信息综合分析判断故障的性质、影响的范围，按照应急预案启动相应的应对措施。在保证安全的条件下，应该立刻组织现场勘查，对设备的受损情况开展全面的评估工作，及时隔离故障点来避免影响扩大。先利用备用设备或者改变运行方式等应急措施来尽可能缩短停电时间，高效地调配抢修资源。抢修作业要严格遵守安全规程，修复后必须经过专业试验合格后才能恢复送电^[1]。事后要进行系统的原因分析，既不能忽略技术上的问题也不能忽视管理上存在的漏洞，应制订出相应的预防措施并加以落实，借助于闭环机制实现不断的改进。

(三) 经验总结积累

建立系统的事故经验管理机制，可以提高应急能力。应创建标准化的事故案例知识库，把每次异常事件的全过程信息详细记录下来，构建起可以查询、分析、学习

的数据库。以定期的技术交流会、专题研讨会、仿真演练等形式来达到经验交流和能力提升的目的。对重复性的问题以及复杂的难题可以设立专项研究课题，促使技术创新、流程改善。并且要健全激励机制，对于在应急管理改进、技术创新运用中作出贡献的人或者团队给予相应的奖励，形成学习型组织文化氛围。把实践经验转变成系统的知识，创建主动预防、持续改进的管理闭环，从而不断提高应急管理的科学化和规范化水平。

五、结论与展望

(一) 结论

本文系统地构建起变电站安全运行管理与设备维护的完整体系，包含运行监控、风险防控、设备维护、应急处置这四个主要部分。经过研究发现，创建起规范化的巡检制度、使用在线监测技术、开展预防性试验并采用科学的检修方法，可以明显改善设备的可靠性，加强环境控制、规范操作规程、完善消防设施可以有效降低运行风险，健全应急预案和快速响应机制可以保证突发事件的及时处理。实施证明，人防与技防相结合、运维模式向预防性转变是保证变电站安全稳定运行的根本途径。

(二) 展望

变电站安全运行管理未来的发展就是智能化、标准化的深入发展。物联网、大数据、人工智能技术深度融合之后，设备状态感知更加准确，故障预测和健康管理能力提升，运维模式也由原来的现场运维转变为远程监控、智能诊断、少人值守。同时行业标准体系也将会不断完善，促使全生命周期管理的规范化。应急管理体系就会更多地注重多情景模拟与实战演练，从而提高复杂故障情况下的协同处置能力。依靠技术创新和精细管理互相推动，变电站运维会达到更高的安全、高效、经济的运行水平。

参考文献

- [1] 虞慧杰, 尹亮亮. 变电站安全运行管理策略与实践探索[J]. 中国安防, 2025, (10): 109-111.
- [2] 毕磊. 变电站运行中的安全隐患识别与控制[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2025, 41(03): 21-24.
- [3] 李乘臣. 智能化变电站在保障电网安全运行中的价值分析[J]. 张江科技评论, 2024, (11): 32-34.