

变压器日常巡检维护技术与故障排查实践研究

黄仁权

中核汇能贵州能源开发有限公司，贵州 贵阳 550081

DOI:10.61369/EPTSM.2026070025

摘 要： 变压器作为电力系统的核心设备，其运行状态直接关系到电网安全。本文围绕变压器日常巡检维护与故障排查展开系统论述，从巡检基础准备、外观油色检查、在线监测数据记录，到过热、异响、绝缘受潮等常见故障的成因分析与排查方法，再到渗漏油、冷却系统、保护动作后的典型故障处理，构建了完整的运维技术体系，旨在为现场作业人员提供规范化、标准化的操作参考，提升设备可靠性与使用寿命。

关 键 词： 变压器；巡检维护；故障排查；在线监测；绝缘受潮

Research on Daily Inspection and Maintenance Techniques for Transformers as Well as Practices for Fault Diagnosis

Huang Renquan

China Nuclear Huineng Guizhou Energy Development Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550081

Abstract： As a core component of power systems, the operation status of transformers is directly related to the safety of the electrical grid. This article provides a comprehensive analysis of the daily inspection, maintenance, and fault diagnosis of transformers. It covers everything from the basic preparations for inspections, the examination of the oil's appearance, and the recording of data from online monitoring, to the analysis of causes and methods for dealing with common faults such as overheating, abnormal noises, and insulation moisture. It also addresses typical issues related to oil leakage, the cooling system, and responses after protective devices are activated. By doing so, it establishes a complete set of operational techniques aimed at providing standardized guidelines for field workers, thereby enhancing the reliability and service life of these equipment.

Keywords： transformer; inspection and maintenance; fault diagnosis; online monitoring; insulation moisture

引言

随着电力负荷持续增长，变压器长期承受高电压、大电流及复杂环境应力的考验，其绝缘老化和结构缺陷引发的故障风险不断累积。科学的日常巡检与精准的故障排查是保障变压器安全运行的关键环节。传统经验型维护已难以适应现代电网对设备可靠性提出的严格要求，迫切需要将标准化巡检流程、在线监测技术与典型故障机理分析深度融合，从而构建一套行之有效的运维实践体系，最大程度预防事故、缩短停电时间。

一、巡检基础与准备

（一）巡检周期与路线

常规变电站主变压器每天要进行一次全面巡视，在迎峰度夏或者重载的时候还要加大巡视次数，达到每班一次。巡检路线应该按照高压侧到低压侧、本体到附件的固定顺序进行，不能漏掉任何一个重要的地方。科学规划路径可以大大提高工作效率，一般先从散热器附近开始，依次检查储油柜、套管、瓦斯继电器、压力释放装置，最后到达控制箱和冷却系统。每次巡检都要对所

有的仪表、指示器进行检查，重点是历次缺陷记录中薄弱的地方。周期性地切换站内的多台变压器时，路线要灵活地改变来保证每一台设备都能得到相同的检查质量，在制度化的运行下达到对设备状态全方位掌握的目的。

（二）常用工具与仪器

巡检人员要携带红外测温仪对套管接头、线夹、本体外壳做非接触式温度检测，发现局部发热部位。便携式钳形电流表用来核对控制回路和冷却风扇的工作电流，保证数值和铭牌相差不大。强光手电加望远镜可以对高空油位计、瓷瓶裂纹、渗漏痕迹

作者简介：黄仁权（1993.03-），男，布依族，贵州省紫云苗族布依族自治县人，本科，研究方向：光伏电站运行维护。

等做远距离观察。绝缘手套、绝缘靴和验电器属于基本的安全防护用品，在进入高噪声环境的时候，防爆型听音棒靠近外壳可以辨别出内部机械发出的声音。另外，数字万用表、相序表以及便携式油中溶解气体分析仪可以在初步判断异常的时候迅速获取重要数据，从而给出是否需要做进一步检查的第一手资料。

（三）巡检安全注意事项

进入设备区之前要戴好安全帽，穿好全棉长袖工作服，不能穿化纤衣服造成静电。巡检时与带电部分保持规程规定的安全距离，110kV设备不小于1.5米，220kV设备不小于3米。雷雨天不要接近避雷器、接地引下线，停止室外高压设备区巡视。打开控制箱或者端子箱之前要先验电，保证箱体没有意外带电。发现设备有异常情况时，不能私自接触或者尝试修理，应该立即向调度汇报，并按照缺陷处理程序进行安全隔离。夜间巡检要两个人一组进行，携带防爆灯并且保证通讯联络畅通，从过程上防止发生人身伤害事故。

二、巡检项目与方法

（一）外观与声音检查

巡检的时候先看变压器本体外壳漆面有没有损坏，有没有鼓包、开裂或者大面积锈蚀，焊缝和法兰连接处有没有渗油的新痕迹。呼吸器硅胶的颜色应该为蓝色或者白色，如果超过一半变成粉红色就需要及时更换。认真听变压器运行时发出的均匀的“嗡嗡”声，这是由于硅钢片的磁致伸缩和绕组的振动而产生的，如果其中夹杂着断续的“噼啪”放电声或者尖锐的金属摩擦声，那么就可能存在着内部放电或者是部件松动的情况。比较同型号、同负荷下数台变压器的音量、音调差别，可以提前发现机械结构劣化的早期迹象，给后面的精确诊断留出时间。

（二）油温、油位与油色检查

顶层油温属于体现变压器热状况的直接指标，应当把温度计所显示出的数据同以往的数据以及当时的环境温度、负载电流加以对照，从而判定温升是否处在容许范围之内。油位计指示要和油温—油位曲线一致，过高可能是由于内部故障产生气体造成假油位，过低说明有渗漏或者呼吸系统堵塞。从储油柜油标或者取样阀处观察油的颜色，新油为淡黄色并且透明，运行中的油如果突然变得很暗、浑浊或者呈焦黑色，则多半是由于严重的过热或者电弧放电造成的。如果油色出现异常情况并伴有刺激性的气味时，应该立刻做油中溶解气体分析和电气试验来确定故障的性质和严重程度。

（三）套管、引线与接头检查

瓷套外绝缘要保持干净，没有破损、裂纹和明显的放电痕迹，在大雾或者毛毛雨天可以利用紫外成像仪来观察沿面放电情况。各侧引线接头、线夹要用红外测温仪做普测，对于同相连接部位温差大于10K的要重点复查，温差大一般是由螺栓松动或者接触面氧化造成的。导线无断股、散股，风摆幅度在安全范围内，相间及对地距离符合设计要求。套管油位应在视窗内，如果油位看不见并且有局部发热现象，则可能是内部电容芯子被击

穿。整个外部连接环节的热稳定性、绝缘可靠程度直接影响到变压器能否承受短路冲击和暂态过电压。

三、在线监测与数据记录

（一）电流、电压与温度监测

控制室后台实时采集三相电流、电压以及有功、无功功率，巡检人员要就地核对控制屏显示和现场表计是否一致，防止二次回路断线或者变送器故障造成数据失真。绕组温度计和油面温度计的工作情况要经常做试验，用模拟的高温升和油泵启动停止信号来检验它们的动作是否正常。对于装有光纤测温装置的变压器，可以沿着绕组的高度来读取热点温度分布，从而找到局部过载或者油道堵塞的地方。所有的电量和环境温度数据都要按时录入到生产管理系统当中，形成一条时间轴上的运行曲线，当出现偏离正常包络线的时候就会自动发出警报，给状态检修提供数据支持。

（二）气体继电器与压力释放检查

气体继电器内应充满油没有气泡聚集，观察窗干净透亮，可以迅速看出是否有气体聚集。巡检时用手压皮囊来检测轻瓦斯触点的接通情况，并且还要检查二次电缆的入口是否密封良好，防止雨水进入造成误动。压力释放阀的指示杆处在复位位置上，顶部防护罩完整无损，没有出现被顶开或者卡住的情况。如果压力释放阀的动作痕迹存在但是气体继电器没有收到信号，则需要检查机械联动部件。定期对这两个非电量保护元件做功能校验，是防止变压器内部发生严重故障的时候保护拒动、防止油箱爆裂的最后一道防线。

（三）巡检数据记录与分析

每一次巡检都要把温度、油位、冷却器运行组数、吸湿器的状态以及发现的所有缺陷详细地填写到标准的巡检卡上。数据不能只是机械地记录下来，应该从三相之间的差异、同一设备不同时期的变化趋势等方面来比较。利用状态检修辅助系统把离线巡检数据同在线监测的油色谱、局部放电等数据结合起来开展综合分析，得出健康指数，并预估劣化的走向。对于连续两次及以上出现同类轻微异常但是没有达到缺陷标准的，应该提高其注意程度并加大检测频率。规范的数据记录、趋势分析，是编制检修计划、提高设备使用寿命的前提。

四、常见运行故障排查

（一）过热与油温异常排查

当油温一直较高，但是负荷以及环境温度没有明显变化的时候，先检查散热器阀门是否全部打开，冷却风扇或者油泵的转动方向是否正确。用红外测温仪扫描散热器上下联管温差，如果上热下冷就说明油循环不好，可能是由于内部有异物堵塞或者潜油泵出现故障。油色谱分析中总烃、一氧化碳和二氧化碳含量迅速增加，并且乙烯和乙烷的比例也较大时，就表明存在局部过热性的故障，过热部位一般出现在铁芯多点接地、磁屏蔽不良或者分

接开关接触面上。绕组直流电阻和变比试验可以辅助查找触头接触不良的问题，结合内部温度的精细测量基本可以确定热源的位置，进而及时安排停电检修。

（二）异响与振动故障排查

出现异常噪声的时候，先判断是电磁性的还是机械性的。把听音棒放在油箱的不同高度以及周围，如果某一处噪音明显增大，并且和负荷电流成正比关系，那么就可能是绕组或者铁芯出现了松动所造成的电磁振动。铁芯接地不良有时会伴随着间歇性的放电声音，夹件松动时会发出沉闷的金属撞击声。在线振动频谱分析可以准确地找到100Hz基频和高次谐波分量，铁芯松动会造成200Hz分量明显增大。排除内部原因之后要检查冷却风扇、油泵轴承等部件，轴承磨损会造成连续的高频啸叫声。声响异常同时伴有油中乙炔含量增加时，应该立刻停止运行，防止造成严重的匝间短路。

（三）绝缘受潮与放电痕迹排查

套管末屏、人孔门和呼吸器吸湿饱和都是造成潮气入侵的原因。巡检发现油位计内有挂壁水珠、油色发白浑浊，说明油中微水严重超标，应该立即取油样做击穿电压和介质损耗试验。套管表面存在沿面爬电造成的树枝状痕迹或者白色粉末，说明外绝缘已经劣化，需要通过憎水性试验以及等值盐密测定来判定是否需要安排清扫或者涂刷防污闪涂料。内部局部放电产生出来的特征气体氢气、甲烷含量出现异常增多的情况时，应当缩减色谱检测的时间间隔，并执行超声波局放定位检测工作，进而找出放电源是在绕组、引线还是绝缘件内部，据此制订出相应的绝缘干燥或者更换措施。

五、典型故障处理与日常维护

（一）渗漏油与吸湿器维护

渗漏点一般出现在密封垫老化了的蝶阀、放油阀以及套管法兰上，轻微渗漏可以在停电之后更换耐油胶垫并按规定的力矩均匀拧紧螺栓。如果本体焊缝有砂眼渗油，则需要采用不停电堵漏胶或者倒负荷后放油补焊的方法。吸湿器底部的油封杯油位应该在标尺范围内，变压器呼吸的时候气泡从油里冒出是正常的。硅

胶吸湿饱和和变色以后要及时更换，拆装过程中要快速，防止大量的空气进入，还要检查连通管路是否通畅。定期清除呼吸器油封杯里的积水和杂质，保证呼吸道畅通，可以阻止潮气进入油箱。

（二）分接开关与冷却系统维护

有载分接开关在检修时要对切换次数进行记录，并做过渡电阻和切换时间试验，取油样分析其劣化情况，油室与本体之间的密封良好才能防止交叉污染。电动操动机构要检查离合器、限位开关、急停回路的动作是否可靠，远方和就地档位指示是否一致。冷却系统的维护工作主要是风机叶片角度校正、电机绝缘摇测、热偶继电器定值核对等，潜油泵转向、流量也要逐台检验。散热器翅片积灰严重会造成冷却效果大打折扣，必须定期用清水清洗，并防止倒伏。完善的冷却系统维护可以有效地降低顶层油温，从而延长绝缘寿命。

（三）保护动作后的检查与送电准备

变压器差动或者重瓦斯保护动作跳闸之后，必须要对本体外观进行全面的检查，看是否有喷油、变形的现象，然后采集气样和油样做色谱分析，测量绕组的直流电阻和绝缘电阻，排除内部故障之后才能考虑重新投入。只有过流或者零序保护动作的时候，要重点查找出线侧以及母线是否出现瞬时性故障。主变复役之前应该确认各个侧的接地线已经全部拆除，保护压板的投退是正确的，分接开关的位置和冷却系统都处于工作状态。空载充电时要监视励磁涌流和电压恢复的过程，连续观察半小时没有发现异常的声音和温度的变化之后，经过带负荷试验相位和差流合格才可以恢复正常运行。

六、结语

变压器日常巡检和故障排除是项专业性强、经验要求高的工作。只有把标准的巡检程序、细致的项目检查、智能的在线监测和规范的数据分析结合起来，才可以达到对设备状态全方位感知以及风险提前管控的目的。随着电网越来越复杂，运维人员要不断将新的检测技术和传统的诊断手段相结合来提高对于过热、异响、受潮等早期信号的识别水平，并用合理的维护决策和迅速的故障处理来保证变压器整个寿命周期安全、经济、稳定的运行。

参考文献

- [1] 张建. 10kV 配电网设备运行巡检维护方案研究 [J]. 科技资讯, 2025, 23(7): 82-84.
- [2] 胡志坚, 肖凯. 10kV 配电网设备运行巡检维护工作实践 [J]. 中国设备工程, 2023, (7): 183-185.
- [3] 王晓童. 配电网设备的有效巡检与维护的探讨 [J]. 石河子科技, 2021, (6): 8-9.
- [4] 张珍芬, 章晋, 岳改革. 电力变电设备日常巡检维护探讨 [J]. 电子元器件与信息技术, 2020, 4(8): 90-92.
- [5] 李云鹏. 10kV 配电网设备运行巡检维护工作实践探究 [J]. 科技创新导报, 2019, 16(33): 11-12.