

# 高压变压器常见故障分析及检修处理措施

林晓春 任蒙蒙

国网甘肃省电力公司平凉供电公司 甘肃 平凉 744000

**摘 要:** 高压变压器是电力输配系统的核心设备,其运行稳定性直接影响电网安全供电水平。设备长期复杂工况运行中,易出现绝缘、铁芯绕组、油系统、附件及运行异常等各类故障,极易造成设备停运甚至电网事故。本文系统梳理高压变压器典型故障类型与外观特征,深入剖析故障诱发核心原因,介绍常用故障检测与诊断手段,针对性提出分级检修、部件修复、试验验收的实操处理措施。研究内容可有效解决现场常见运维难题,对提升变压器故障处置效率、保障电网稳定运行具备实际参考价值。

**关键词:** 高压变压器;故障类型;故障成因;检测诊断;检修维护

**引言:** 随着电力系统网架规模持续扩大,高压变压器承担着电压变换、电能输送的关键职能,设备运行可靠性是电网安全稳定运行的重要保障。高压变压器长期处于重载、环境复杂的运行状态,受设备老化、操作不当、环境侵蚀、运维疏漏等多重因素影响,各类故障频发,严重影响供电连续性与安全性。基于此,本文结合现场运维经验,系统开展变压器故障分析与检修措施研究,为现场故障排查、设备检修及常态化运维提供技术支持。

## 1 高压变压器常见故障类型及现象特征

### 1.1 绝缘系统故障

绝缘系统是高压变压器安全运行的屏障,长期运行中易出现绝缘受潮、老化、击穿三类典型故障,是变压器高发故障类型。绝缘受潮多因设备密封不严、储油柜吸湿装置失效所致,现场主要表现为变压器油含水量超标、绝缘电阻数值大幅下降,设备整体耐压性能降低。在阴雨潮湿天气工况下,设备极易出现局部爬电、轻微放电异响。绝缘老化源于设备长期带负荷运行、高温烘烤及电场长期作用,绝缘纸、绝缘漆逐渐脆化、粉化,无明显突发现象,仅表现为设备绝缘性能逐年衰减。绝缘击穿属于突发性严重故障,多由绝缘缺陷、过电压冲击引发,故障发生时会出现瞬时电弧放电,伴随剧烈异响,严重时引发变压器跳闸、油气分解,造成设备停运。

### 1.2 铁芯与绕组故障

铁芯与绕组为变压器核心电磁部件,故障多集中于绕组短路、断路及铁芯过热。绕组故障多由绝缘破损、匝间磨损、过流冲击导致,匝间短路初期无明显外观变

化,仅出现设备温升异常、运行电流波动不稳;故障加剧后会产生局部高温,烧毁绕组绝缘,引发相间短路,直接造成变压器保护动作跳闸。绕组断路多为接线端子松动、引线断裂所致,表现为设备三相电流不平衡、输出电压异常,运行工况紊乱。铁芯过热故障主要因铁芯硅钢片绝缘损坏、多点接地、磁通量异常引发,现场特征为变压器本体温度持续偏高,油温异常上升,空载损耗大幅增大,长期过热会加速周边绝缘部件老化失效。

### 1.3 油系统故障

变压器油承担绝缘、散热核心作用,油系统故障主要包含油质劣化、油路渗漏、油路堵塞三类问题。油质劣化多由长期高温氧化、杂质混入、受潮污染导致,现场可观察到油品颜色变深、浑浊,伴随油中产生游离碳、酸性物质,油色谱检测可发现可燃气体含量持续升高,设备绝缘和散热性能大幅下降。油路渗漏高发于油箱焊缝、法兰接口、套管密封处,长期渗漏会造成油位偏低,设备散热不足,暴露内部部件受潮风险。油路堵塞多因油垢、杂质堆积堵塞散热管路,表现为变压器散热效率下降,负荷运行时油温快速攀升,高温工况下极易诱发次生绝缘故障。

### 1.4 附件故障

变压器套管、分接开关、冷却系统等附属设备故障频发,直接影响设备运行稳定性。套管故障以瓷套污损、开裂、闪络放电为主,户外运行设备受粉尘、雨雪、污秽影响,表面易发生爬电放电,出现异响、电弧闪光,严重时套管炸裂漏油。分接开关故障多为触头氧化、接触不良、档位错位,表现为设备电压调节失效、接触部位发热、运行电流不稳,长期虚接会造成触头烧

蚀。冷却系统故障涵盖风扇、油泵失效、散热管堵塞，故障后设备散热能力大幅降低，额定负荷下油温、绕组温度持续超标，触发高温报警，限制变压器带载能力。

### 1.5 异常声响、振动及温升故障

异常声响、振动和温升是变压器故障最直观的外在表征，可作为设备故障初步判定依据。设备正常运行仅存在均匀、低沉的电磁嗡鸣，若出现尖锐刺耳声、撞击声、间歇放电声，分别对应铁芯松动、部件共振、局部放电等故障。异常振动多由铁芯夹紧松动、绕组变形、设备地脚固定不稳引发，振动幅值超标会加速内部部件磨损、绝缘开裂。异常温升无外部过载诱因时，本体及油温持续升高，是内部短路、铁芯故障、散热失效的典型特征，也是预判变压器隐性故障的重要依据<sup>[1]</sup>。

## 2 高压变压器各类故障成因

高压变压器运行故障由设备本体、运行工况、外部环境、施工运维等多类因素叠加引发，具体成因可分为五类：（1）设备本体老化与先天缺陷，变压器长期服役过程中，内部绝缘纸、密封胶件持续老化脆化，铁芯硅钢片绝缘涂层磨损脱落，部分设备出厂存在绕组绕制不均、密封工艺不足等隐性缺陷，长期运行后缺陷逐步扩大，诱发绝缘破损、铁芯过热等故障。（2）工况运行不规范，电网负荷波动较大时，变压器频繁处于超负荷、过电压或低电压运行状态，绕组电流激增产生局部高温，加速绝缘老化，同时频繁负荷冲击易造成绕组轻微变形，引发匝间、相间短路故障。（3）外部环境影响，户外运行变压器受雷雨、高温、潮湿、粉尘污秽侵蚀，雷击过电压会击穿设备绝缘，潮湿环境加剧内部部件受潮，粉尘附着套管表面易引发闪络放电。（4）安装与操作不规范，设备安装时接线紧固度不足、部件对位偏差、接地工艺不达标，日常调压、启停操作不规范，会产生操作过电压，诱发各类隐性故障。（5）运维管理不到位，日常巡检、油质检测、设备清扫等工作落实不到位，微小故障隐患无法及时处理，长期累积后发展为设备故障。

## 3 高压变压器故障检测与诊断技术

高压变压器故障检测与诊断是排查设备隐患、判定故障类型、锁定故障点位的核心手段，当前电力现场以常规检测结合精密仪器监测为主，各类技术适配不同故障场景，具体检测诊断方式如下：（1）常规人工巡检排查，运维人员通过目视观察设备油位、套管外观、密封状态，结合听音、测温等方式排查明显缺陷，可快速识别漏油、套管破损、异常异响等直观故障，是日常隐

患排查的基础手段。（2）油色谱在线监测技术，通过采集变压器油样分析内部溶解气体组分与含量，精准判断设备内部局部放电、过热、绝缘裂解等隐性故障，可提前预判早期潜伏性故障，适配长期在线监测需求。（3）电气参数检测技术，通过仪器测量变压器绝缘电阻、直流电阻、变压比等核心参数，对比标准数值判定绕组接线、绝缘性能是否存在缺陷，有效排查绕组短路、绝缘受潮老化等问题。（4）无损检测技术，依托红外测温设备检测本体、套管及接线部位温度异常，利用振动检测设备监测设备运行振动幅值，无需停电拆机即可锁定过热、部件松动等故障。各类检测数据完成采集后，结合设备运行工况与历史参数对比分析，可精准完成故障研判与定位，为后续检修工作提供可靠数据依据<sup>[2]</sup>。

## 4 高压变压器故障针对性检修处理措施

### 4.1 绝缘故障干燥、修补及更换检修工艺

绝缘故障为变压器高频故障类型，针对绝缘受潮、老化、局部破损及击穿等缺陷，需结合故障轻重采用差异化检修工艺，保障设备绝缘强度达标。（1）绝缘受潮检修，设备轻微受潮时，采用真空热风干燥方式处理，通过真空装置抽出变压器内部潮湿空气，配合恒温热风循环烘干内部绝缘构件，全程控制温度与真空度，避免高温损伤绝缘材质；受潮严重且油液含水超标时，同步开展热油循环干燥，边滤油边烘干，彻底清除绝缘层内部水分。（2）绝缘局部破损修补，针对绕组表层绝缘轻微开裂、磨损缺陷，清理破损部位残留杂质与老化绝缘层，采用同规格绝缘纸、绝缘漆逐层包裹涂刷，静置固化后检测绝缘性能，确保修补部位无绝缘死角。（3）绝缘老化与击穿更换，对于大面积绝缘粉化、脆化及击穿故障，局部修补无法满足运行标准，需拆解绕组绝缘结构，整体更换全新绝缘构件，重新规整绕组排布。检修完成后开展绝缘电阻、耐压试验，各项参数达标后方可投入运行，杜绝绝缘隐患残留。

### 4.2 绕组、铁芯故障修复与调试方法

绕组与铁芯为变压器核心电磁部件，故障修复需遵循精准定位、精细修复、严格调试的原则，杜绝二次设备损伤。（1）绕组故障检修，针对匝间轻微短路故障，先排查短路点位，清理烧损绝缘，重新包裹绝缘材料，校正变形绕组线匝，保证绕组排布规整、间距均匀；对于严重相间短路、绕组烧断及严重变形故障，需拆除损坏绕组，按照原厂匝数、线规重新绕制、嵌装绕组，完成接线紧固与绝缘包扎。（2）铁芯故障检修，针对铁芯多点接地、硅钢片绝缘损坏问题，解体设备后清理铁芯表面油污与锈蚀，修复破损硅钢片绝缘涂层，更换损坏

接地片,规范铁芯单点接地工艺,消除杂散电流引发的过热隐患;针对铁芯松动振动故障,重新紧固铁芯夹紧固件,补齐松动紧固件,抑制设备运行振动。(3)设备调试校正,修复完成后检测绕组直流电阻、变比、铁芯空载损耗,对比标准参数调整设备状态,确保电磁性能稳定,消除运行异常损耗与温升问题<sup>[3]</sup>。

#### 4.3 变压器油过滤、再生与更换处理措施

变压器油劣化、污染、渗漏引发的故障,需根据油质检测结果,采取过滤、再生或更换的分级处理方案,恢复油液绝缘与散热性能。(1)油液过滤处理,针对轻微浑浊、含杂质、轻度受潮的油液,采用高精度滤油机进行真空过滤,逐层去除油中水分、机械杂质与游离碳,循环过滤至油质透明度达标,有效改善油液基础性能,适配轻微油质劣化故障。(2)油液再生处理,针对中度氧化、酸值偏高但未彻底失效的变压器油,采用吸附再生工艺,通过活性氧化铝、硅胶等吸附材料过滤油中酸性氧化物与老化产物,降低油液酸值,恢复油液绝缘特性,相比直接换油可大幅降低运维成本。(3)油液更换与渗漏处理,针对严重碳化、重度劣化、绝缘性能不达标的油液,彻底排空旧油,清洗油箱、油路及散热管道,清除内壁油垢与杂质,注入同型号全新合格变压器油;针对油路渗漏问题,排查焊缝、法兰、密封垫等渗漏点位,更换老化密封件,修补焊缝缺陷,完成密封加固后复检密封性,杜绝漏油问题复发。

#### 4.4 套管、分接开关等附件故障检修方案

变压器附件故障直接影响设备运行安全性,需针对不同附件缺陷特征,制定专项检修方案,保障附件运行稳定。(1)套管故障检修,针对套管表面污秽、轻微闪络痕迹,采用无水酒精擦拭清理表面粉尘与污渍,涂抹防污闪涂料,提升套管绝缘防污能力;针对套管开裂、瓷体破损、严重闪络及漏油故障,直接更换同型号全新套管,安装过程中校正同轴度,紧固密封接口,完成绝缘检测与密封性试验。(2)分接开关故障检修,针对触头氧化、接触不良故障,拆解开关触头,打磨去除氧化层与烧蚀痕迹,调整触头压力与接触间隙,保证档位接触紧密可靠;针对档位错位、机械卡涩故障,校正开关传动机构,添加专用润滑油脂,调试档位切换精度,杜绝虚接、卡滞问题;对于严重烧蚀、机械损坏的分接开关,整体更换配件并重新调试。(3)冷却系统检修,针

对散热管堵塞、风扇及油泵失效故障,疏通堵塞散热管路,更换故障风机、油泵,检修控制回路,保障冷却系统启停灵敏、散热效率达标。

#### 4.5 故障后设备调试、耐压试验与验收流程

变压器故障检修完成后,需通过系统性调试与试验验收,验证检修质量,保障设备满足并网运行标准。(1)设备前期调试,检修完成后全面检查设备接线、密封、紧固状态,核对各部件安装参数,手动调试分接开关、冷却系统等可动部件,确认设备机械运行正常,无卡滞、松动、渗漏问题。(2)电气性能试验,依次开展绝缘电阻测试、直流电阻测试、变比试验、空载及负载损耗试验,核对各项参数符合规程标准;针对检修涉及绝缘改造的设备,开展工频耐压试验与局部放电检测,排查隐性绝缘缺陷,杜绝局部放电、绝缘击穿隐患。(3)试运行与竣工验收,试验合格后开展空载试运行,持续监测设备油温、温升、声响、振动状态,无异后逐步带负荷运行;稳定运行24小时无故障、各项运行参数正常后,整理检修记录、试验数据、设备台账,完成竣工验收,正式恢复设备并网运行<sup>[4]</sup>。

**结束语:**本文全面总结了高压变压器日常运行中的各类典型故障,明确了不同故障的现场表现特征,从设备、工况、环境、安装、运维五个维度梳理故障核心成因,梳理了常规检测与精密诊断的技术方法,配套提出针对性检修工艺与验收流程。变压器故障多为多因素叠加导致,日常运行中需以提前预防、精准检测、规范检修为核心。通过落实常态化巡检、精准排查隐患、规范检修工艺,可有效降低设备故障发生率,延长设备使用寿命,切实提升高压变压器及电力系统的运行稳定性。

#### 参考文献

- [1] 刘佳洁. 变压器高压试验常见故障及处理措施分析[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2025, (11): 125-128.
- [2] 冷顺. 变压器运行常见故障的检修与维护研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2026, (5): 103-108.
- [3] 孙苒. 变压器高压试验技术要点与故障处理研究[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2025, (11): 097-100.
- [4] 侯鹏, 张峰. 变压器检修维护中常见故障分析及处理技术[J]. 中国设备工程, 2023, (24): 149-151.