

特高压油变温升异常成因分析与红外测温在线监测应用

崔展豪

云南华电金沙江中游水电开发有限公司梨园发电分公司 云南 丽江 674100

【摘要】：在特高压输电系统长期运维过程中，油变温升异常问题频发，已然成为制约电网设备安全、稳定运行的主要隐患。本文从内部介质、本体结构、外部工况三个层面，深度解析油变温升失衡的内在机理，结合现场运维实际优化红外测温在线监测实施方案，为设备温升隐患治理、精细化运维管控提供可靠的实践参考。

【关键词】：特高压油变；温升异常；成因；红外测温；在线监测

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.036

特高压油变承担着高压输电的核心作用，设备运行的健康程度，直接影响整体电网的供电安全与运行稳定性。温升异常是油变服役期间最为常见的故障类型，传统的监测手段无法完成全方位、全天候的精准管控。本文以此为切入点，深入剖析设备温升异常的各类诱因，探究红外在线监测技术的现场落地应用方式。

1 特高压油变温升异常的核心成因

特高压油变的温升失衡问题，通过内部介质、本体结构、外部工况三个方面形成诱因体系。

1.1 内部介质劣化诱发温升异常

特高压油变在长期带电运行过程中，其内部的绝缘油以及各类固态绝缘构件，会持续受到高强度高压电场的作用与侵蚀。在电场应力的持续影响下，这类绝缘材料会缓慢发生物理、化学层面的老化变质，整体性能逐步衰减。发生劣化后的绝缘介质，导热与换热能力会大幅下降，直接阻碍变压器内部正常的热量交换过程。设备运行产生的多余热量无法通过原有散热通道顺利排出，大量余热积聚在设备内部局部位置。热量的持续堆积无法得到有效疏导，最终致使变压器局部区域出现温度异常偏移的问题，也是设备温升超标、运行状态异常的重要内部诱因。

1.2 本体结构损耗诱发温升异常

特高压油变的铁芯、绕组以及接线端子，是支撑设备电能变换与电力传输的关键组成部分。设备全天候不间断运转期间，电磁作用与电流传输会持续带来电磁损耗和电阻损耗，这也是设备正常工作状态下热量产生的主要原因。当这类核心构件出现运行故障，比如连接点松动、铁芯磁通分布不均、局部涡流大量聚集等问题时，原有产热平衡就会被彻底打破^[1]。各类结构缺陷会不断加剧发热现象，让设备内部总热量大幅增加。持续堆积的多余热量难以自然散出，最终使得变压器本体温度偏离标准范围，进而引发十分典型的温升异常故障。

1.3 外部工况波动诱发温升异常

安置在室外环境中的特高压油变，日常运行始终受到自然条件与电网工况的双重影响。阴晴冷暖交替的天气、不断起伏变化的供电负荷，都会对设备形成持续性的外界干扰。长期露天工作状态下，散热管路、散热片等配套构件极易附着尘土与杂物，日积月累便会造成通道堵塞，直接削弱设备整体散热能力。电网侧电压、负载等参数出现临时变动，也会打乱设备原本稳定的工作节奏。多重问题相互叠加后，设备长期维持的热平衡状态彻底被打破，内部运转产生的热量无法及时向外散发，温度逐步偏离正常区间，最终引发表型的温升异常故障。

2 红外测温在线监测的落地应用路径

从设备布设规划、数据研判构建、隐患预警管控三个维度，梳理适配特高压油变运维场景的前沿应用路径，保障监测功能的完整落地。

2.1 适配场景的设备布设规划

针对特高压油变的红外测温工作，监测终端的布设并没有统一标准。现场运维人员需提前实地摸排设备外形规格、现场安装条件以及内部构件的整体排布，结合每台设备的实际情况制定专属布设方案，让监测点位的设置更具针对性。变压器运行期间，不少部件属于发热高频区域，绕组外接位置、接线端子、分接开关以及整条散热管路，都是日常运维里重点关注的对象。作业人员需将测温装置优先安置在这些区域，硬件固定完毕后，还需反复调整设备角度，保证探测视线能够精准覆盖监测点位。多数特高压油变露天布置，户外复杂环境会直接影响监测设备运行状态。沙尘堆积、雨水侵蚀以及周边强电磁辐射，都会干扰仪器正常工作。为此安装作业会同步完成防护处理，为终端加装防尘护罩，在设备表面涂刷防水涂层，同时配备抗电磁干扰配件。层层防护能够有效隔绝各类外界干扰，延长监测设备的使用周期。这套结合现场工况规划的布设模式，可实现对设备关键区域的全方位监测。测温终端能够在复杂环境中保持稳定运转，大幅降低故障发生概率。全程采集得到的原始温度数据，既保证了数值的精准度，也完整留存了设备不

同时段的温度变化信息，为后续判断设备运行状态、排查潜在隐患提供真实、有效的数据支撑。

2.2 标准体系的数据研判构建

传统仅依靠单一温度阈值评判设备工况的方式，早已无法适配特高压油变的运维要求。服务于现场管控的电力运维平台，需针对这类大型变电设备，搭建专属的温度数据分析与判定机制，彻底摆脱老旧判定模式带来的局限性。技术人员需逐一整合设备出厂标注的原始技术参数，结合设备长年稳定运行形成的温度基准曲线，同时纳入环境补偿参数、不同负载区间对应的参考标准，依托多项参考指标建立起多维度协同的温度判定规则。平台接入的实时测温数据，需由后台程序自主完成全流程处理。系统先对海量数据进行分类整理，再将实测数值与基准值逐一比对，同步完成信号真伪的辨别工作。野外作业场景中，日光长时间直射、外界气温自然攀升、电网短时间负荷突变等情况，都会生成虚假的温升信号，这套研判机制可以精准过滤此类干扰数据。依托成型的标准化研判逻辑，设备温度异常问题的识别精度得到显著提高，人工判断环节普遍存在的主观偏差也随之降低^[2]。如今特高压领域运维工作正朝着精细化方向推进，这套数据处理与判定体系，能够充分匹配当下的管控标准。它可以真实还原设备的发热状态，帮助一线人员精准区分正常温度波动与故障类温升，为设备隐患排查、日常状态管控筑牢数据层面的保障。

2.3 层级模式的隐患预警管控

为优化特高压油变温升故障的管控效率，电力运维体系可搭建三级分层式温升隐患预警管理机制，依据设备实际温度变化情况，划分出温度轻微偏移、中度异常以及重度超标三个运行状态等级。红外在线监测系统将按照既定的多维判别标准，自动对实时监测数据进行分级判定，根据不同隐患等级推送对应的预警提示信息，同时匹配标准化的现场处置指导方案。一

参考文献：

- [1] 程亮,董子健,刘灵会,等.基于红外技术的特高压主变压器智能故障诊断方法[J].实验室研究与探索,2026,45(1):92-97,115.
- [2] 江飞,闫全全,王媚,等.基于无源无线红外测温技术的特高压电力设备监测系统[J].电力与能源,2023,44(4):370-372,375.
- [3] 郑奇凯,黄松强,张志杨.特高压阀厅红外智能测温系统设计与实现[J].微型电脑应用,2022,38(2):73-76.

线运维人员可依托分级结果开展差异化运维作业，持续跟踪设备温度变化趋势，深度核查设备异常情况，系统性追溯故障产生的根本原因。排查工作重点聚焦绝缘介质老化变质、本体结构损耗、散热系统失效等各类核心诱因，精准锁定设备温升异常的故障源头。这种分层的运行模式，彻底改变了传统事后处置的运维弊端，实现温升隐患的前置预判与主动防控。有效缩短故障发现、响应、处理的整体周期，避免微小温升缺陷持续恶化演变为重大设备故障^[3]。整套管理流程形成了隐患识别、分级预警、精准处置、状态复核的全闭环安全管控体系，切实强化特高压油变运行的稳定性与安全性。该精细化管控模式高度适配新型电力系统智能化、规范化的运维发展趋势，可为高压电力设备运维工作提供可靠的落地支撑。特高压油变红外测温在线监测系统架构如图1所示。

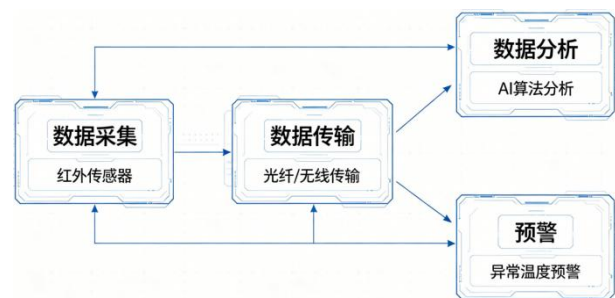


图1 特高压油变红外测温在线监测系统架构图

3 结语

本文系统归纳了特高压油变温升异常的核心诱因，结合现场实际运行工况，搭建出适配性更强的红外测温在线监测运维方案。该监测方式可有效弥补传统运维模式的短板，提前排查并处置设备温升隐患，显著提升特高压油变运维精度与安全性，为高压电网持续平稳运行提供可靠的技术支撑。