

# 电气试验在变压器故障分析中的应用

李 祥

合肥华威自动化有限公司 安徽合肥 230000

**摘 要：**电气试验是分析和诊断变压器潜在故障的关键工具。通过一系列特定的测试，油色谱分析、红外热像技术和超声波检测等，工程师能够获取关于变压器健康状况和性能的重要信息。这些测试可以帮助识别变压器中的绝缘老化、局部放电、油质问题、过热问题等常见故障类型。通过对这些测试数据的仔细分析，可以有效地预防故障的发生，提高变压器的可靠性和延长其使用寿命。本文将深入探讨电气试验在变压器故障分析中的具体应用，并展示如何通过测试实现对变压器故障的预防和维护策略的优化。

**关键词：**电气试验；变压器故障分析；应用

变压器作为电力系统中不可或缺的组件，负责电压的转换与电力的分配，其稳定运行对整个电网的可靠性至关重要。然而，由于变压器长期处于高电压和变负荷的环境中，它们经常面临各种故障的风险。电气试验因此成为检测和诊断这些潜在故障的有效手段。电气试验包括了一系列从基本的稳定性检查到高级的故障诊断技术，这些技术能够发现变压器在视觉检查中不易察觉的问题。通过定期进行这些试验，不仅可以及时发现和修复故障，还可以预测和防止潜在的故障，从而减少停电事件，确保电力供应的连续性和系统的安全稳定运行。

## 一、变压器故障类型及特点

### 1. 变压器常见故障类型

变压器的常见故障类型主要包括绝缘老化、油质劣化、绕组变形或损伤、铁芯过热、局部放电、短路及开路等。绝缘老化通常是由长期运行中的热应力和电气应力导致的，而油质劣化则可能是因为油的过度老化或是外部环境的影响。绕组的变形或损伤可能因外部冲击或内部电流过载产生。铁芯过热常常是由于铁芯接地不良或是磁通泄漏造成。局部放电多见于绝缘缺陷部位，短路和开路则通常是外部事故或内部绝缘严重损坏的结果。

### 2. 变压器故障原因分析

变压器故障的产生通常源于多方面因素的综合作用。首先是材料老化问题，无论是绝缘材料的自然老化还是油质的劣化，都是时间、温度和环境共同作用的结果。其次是设计与制造缺陷，如设计不当导致的局部电场过强或者制造过程中的疏忽造成的绝缘隐患。再者是外部因素，例如雷击、外力撞击或严重的网络波动都可能导

致变压器损坏。最后是运维不当，比如未能及时检测到的局部放电最终可能发展成为严重的故障。

## 二、电气试验新技术在变压器故障分析中的应用

### 1. 高频局部放电检测技术

高频局部放电检测技术在变压器故障分析中发挥着至关重要的作用。这项技术的核心在于，它能够精准地识别出变压器内部的局部放电活动，这种活动往往预示着潜在的绝缘缺陷。通过捕捉局部放电产生的高频电流脉冲，并对其进行分析，我们能够揭示放电的准确位置、强度以及可能涉及的绝缘材料类型。在实际应用中，这种技术展现出了极高的灵敏度和准确性，尤其是在识别和预防因绝缘老化或损坏导致的故障方面表现卓越。此外，随着技术的进步，便携式的高频局部放电检测设备越来越多地被应用于现场，它们能够提供实时数据，从而使得维护人员能够迅速响应并采取必要的维修措施。

### 2. 油色谱分析技术

该技术基于对变压器油样进行详细的化学分析，以检测其中溶解的气体种类和含量。由于不同的故障类型会在油中产生特定特征的气体，如乙炔、氢气或一氧化碳等，这些气体可作为故障诊断的重要标志。通过对这些气体的定量分析，我们能够判断变压器是否存在过热、电弧或绝缘老化等问题。例如，大量的氢气可能暗示着变压器内部存在电弧放电现象，而乙炔的出现则可能与油的过热有关。这种非破坏性的检测方法不仅能够提供故障的早期预警，还能够避免因盲目拆卸检查而对设备造成的不必要的损害<sup>[1]</sup>。

### 3. 红外热像技术

通过捕捉设备表面的红外辐射，这项技术能够清晰地显示出变压器的热分布图像，从而揭示过热部位及其严重程度。过热往往是变压器故障的先兆，可能由绕组损伤、不良电气连接或是冷却系统故障等多种因素引起。利用红外热像技术进行定期监测，可以及时发现变压器中的热点问题，并在问题恶化之前采取相应的维护措施。这种非接触式的检测方法不会对设备的正常运行造成任何干扰，同时也保障了检测人员的安全。

### 4. 超声波检测技术

超声波检测技术为变压器故障分析提供了一种独特且有效的手段。这种技术通过捕捉和分析变压器内部产生的超声波信号，能够检测到局部放电、绝缘破损或其他潜在缺陷所导致的机械振动。局部放电等活动会在变压器内部产生高频压力波，而这些压力波就能够被超声波传感器捕捉到。将超声波传感器放置在变压器的表面，可以定位放电的具体位置，评估放电的严重程度，甚至识别出导致放电的具体绝缘缺陷类型。这种方法对于早期发现故障特别有效，有助于避免成本高昂的设备故障和停机维修<sup>[2]</sup>。

## 三、电气试验在变压器故障预防与维护中的应用

### 1. 定期检测与监测策略

定期的检测与监测是确保变压器健康运行和及时故障预防的关键策略。通过制定和执行一套全面的检测计划，可以及时发现变压器潜在的问题和异常状态。这些检测包括但不限于绝缘电阻测试、变比测试、空载与负载测试等，它们有助于评估变压器的绝缘状态、铁芯与绕组是否完好，以及整体性能是否达标。监测策略中，实施在线监测技术尤其重要，如使用智能传感器监控变压器的关键参数（例如温度、压力、油位和负荷等）。在线监测能够提供实时数据，为故障预警和即时维护提供了可能，从而减少意外停电和延长设备寿命。

### 2. 故障预警机制

建立有效的故障预警机制是实现变压器故障预防的重要组成部分。这种机制依托于先进的数据分析技术和监控系统，对收集到的变压器运行数据进行实时分析，以识别任何可能表明故障即将发生的模式或趋势。故障预警系统可利用机器学习算法来处理大量的监测数据，

并基于历史数据和实时性能，对潜在故障进行预测。一旦检测到异常行为，系统即会发出预警信号，使维护团队能够在问题发展成更严重的故障之前采取行动。这种预警机制显著提升了响应速度，减少了修复成本，确保了电力供应的连续性和可靠性<sup>[3]</sup>。

### 3. 维护策略优化

维护策略的优化是确保变压器长期稳定运行的重要环节。这涉及到根据变压器的实际工作条件和历史维护数据，制定出最合适的维护计划。优化的维护策略旨在降低维护成本，同时提升变压器的操作效率和可靠性。一种有效的方法是采用条件监测维护（CBM），即根据变压器的实际状况来决定维护的时间和范围。这通常涉及对关键参数如油质分析、局部放电活动、和红外热像图中显示的热点等的持续监测。通过分析这些数据，维护人员能够确定维护的最优时机，从而避免不必要的停机和维护成本。此外，利用数字化维护记录和分析工具，可以实现维护数据的数字化和长期跟踪，提高维护决策的准确性。通过实施这些优化策略，不仅可以延长变压器的使用寿命，而且还能提高整个电力系统的效率和可靠性。

## 结语

在电力系统的维护和可靠性保障中，电气试验扮演着核心角色。通过对变压器进行一系列的电气测试，能够有效地诊断和预防各种故障，从而确保电力供应的稳定和安全。尽管现有的测试技术已经能够覆盖多数故障类型的检测，但技术的不断进步意味着未来可能会有更高效、更精确的测试方法被开发出来。同时，随着变压器设计和材料技术的进步，相应的测试标准也需要持续更新以适应新的需求。

## 参考文献

- [1] 肖斌. 电气试验在变压器故障检测中的应用研究[J]. 家电维修, 2023, (12): 36-37+7.
- [2] 杜娟. 电气试验在变压器故障检测中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2023, (19): 160-162.
- [3] 习腾之. 电气试验在变压器故障分析中的应用[J]. 机械工程与自动化, 2023, (05): 202-203+206.