

主变压器日常巡检关键点与异常识别方法实践研究

曾利利

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘要】：主变压器是电力系统中的关键设备，确保其稳定运行对保障电力供应至关重要。本文分析了主变压器日常巡检中的关键检查点，并探讨了通过数据分析与智能技术提升异常识别精度的方法。研究指出，合理的巡检流程、基于数据的异常检测、智能化监控及维护策略的优化，能够有效提高变压器的运行可靠性，降低故障发生率。此外，结合历史数据与机器学习技术，有助于及时发现潜在问题，提前预警。此研究为主变压器的安全运行提供了实践指导和理论支持。

【关键词】：主变压器；巡检；异常识别；故障预防；电力系统

DOI:10.12417/2705-0998.25.24.022

引言

主变压器是电力系统中的核心设备之一，其运行状态直接影响到电力系统的稳定性和安全性。随着电力负荷的增加和设备老化，变压器的故障率逐渐上升，给电力系统带来了较大的风险。为了确保变压器的正常运行，定期的巡检至关重要。通过科学合理的巡检方法，不仅能够及时发现潜在的故障隐患，还能有效延长设备的使用寿命。现有的巡检方式仍然面临着检查不全面、识别方法不准确等问题。如何通过改进巡检流程，提高异常识别的精度和效率，是目前电力设备管理领域亟待解决的重要问题。有效的异常识别方法，能够为设备维护和故障预警提供重要依据，对保障电力系统的稳定运行具有重要意义。

1 主变压器巡检关键点的识别

主变压器巡检的关键点涉及多个方面，每一项都直接关系到设备的正常运行和安全性。在日常巡检过程中，必须重点关注变压器的外部和内部状态，包括油位、油温、油色、气体释放情况等，这些都是判断设备是否处于正常工作状态的重要指标。通过监测油位的变化，可以及时发现是否存在泄漏或过热现象，油温的过高则可能导致绝缘油老化，进而影响设备的绝缘性能。油色的变化，尤其是油中是否有水分和酸度增高，也需要定期检查，因为这些因素会直接影响变压器的运行寿命。

除了油品检查外，电气部分的巡检也至关重要，主要包括变压器的高低电压侧接线端子、电缆和变压器本体的绝缘情况。对于接线端子的检查，必须关注是否有过热、氧化、松动等问题，这些问题可能导致接触不良，从而引发设备故障。绝缘部分的检测主要依靠红外线温度扫描，识别潜在的过热区域或电气连接部件的异常^[1]。气体释放的情况也是判断变压器状态的重要依据。变压器运行中，如果出现气体泄漏或积聚，通常意味着内部绝缘材料发生了某种程度的损坏，可能预示着设备的老化或故障风险。定期对变压器内气体含量进行分析，能够有效预警潜在问题。

对于主变压器的巡检，振动检测也是不可忽视的环节。变

压器在运行过程中若出现异常振动，可能意味着设备的机械部分出现故障，如油泵、风扇或核心的松动等。通过振动监测，可以提前发现这些问题并采取适当的措施，防止故障扩大。通过对这些关键点的定期检查和科学分析，能够有效提高主变压器的运行可靠性，降低故障发生率，为电力系统的安全稳定运行提供保障。

2 常见异常情况的分析与处理

主变压器在运行过程中可能出现各种异常情况，这些异常不仅影响设备的正常运行，还可能导致系统安全事故的发生。最常见的异常之一是温度异常，尤其是油温过高。变压器油温度升高通常与过载、散热不良或油品质量下降有关。长时间高温状态会导致油的绝缘性能降低，甚至可能引发火灾事故。油温过高时，需要检查冷却系统的运行情况，确保风扇、油泵等设备工作正常，并对油品进行更换或补充。

电气接触不良也是一种常见的异常。接线端子和接触点的松动或氧化会导致接触电阻增大，进而引起局部过热或电弧放电，甚至可能导致火灾。对此，巡检人员应对所有接线端子、母线以及其他连接点进行严格检查，确保连接牢固无松动，同时对接触点进行清洁和处理，以防止电气接触不良现象的发生。气体积聚现象也是主变压器常见的异常之一^[2]。变压器内部的气体释放通常是由于过热、绝缘破坏或局部放电引起的，气体积聚可能意味着变压器内部存在电气故障或材料老化。当气体浓度过高时，应立即进行油样分析，确定故障类型，并采取适当的处理措施，如调节负荷、维修或更换受损部件。

机械故障也是不可忽视的一个异常类别。变压器运行时的振动异常可能表明机械部件，如冷却系统中的油泵或风扇，存在故障。这些问题可能导致变压器的散热功能失效，进一步影响设备的安全性。通过振动监测设备可以及时发现机械部件的故障，必要时应进行维护和更换。主变压器的绝缘性能降低也是一种常见的异常现象。随着设备使用时间的延长，变压器内部的绝缘材料可能会老化或损坏，从而导致电气泄漏或击穿。定期的绝缘电阻测试和介质损耗因数测量可以帮助发现绝缘

性能的衰退，确保设备运行的安全性。

3 基于数据分析的异常检测方法

在现代主变压器的异常检测中，基于数据分析的方法已成为提高检测效率和准确性的重要手段。通过对变压器运行过程中产生的大量数据进行采集和处理，能够及时发现潜在的异常并采取相应的应对措施。这些数据通常包括温度、电压、电流、油位、振动、气体浓度等多个方面的信息。通过对这些数据的实时监测和分析，可以提前识别出变压器运行中的异常状况，减少故障发生的可能性，提升设备的维护效果。一种常见的数据分析方法是基于传感器的实时监控。通过在变压器的各个关键位置安装传感器，采集温度、电流、电压等实时数据，并将这些数据传输到中央控制系统。在对这些数据进行实时分析时，借助先进的算法可以及时识别出设备运行中的不正常波动。油温、负载电流、电压等数据出现异常时，数据分析系统会自动发出预警信号，并对具体的异常类型进行初步诊断。这种方法能够在变压器发生问题之前，提前发现潜在的风险，减少设备故障的发生。

基于历史数据的分析也是异常检测的重要手段。通过对长期运行数据的积累与分析，利用统计学方法，可以对变压器的运行状态进行基准设定。使用时间序列分析方法，对变压器的负荷、电流、温度等参数进行趋势分析，识别出超出常规范围的波动。这种方法不仅可以在发生故障之前发现异常，还能够帮助预测未来可能发生的故障模式。若某些参数逐渐趋向极限值，则系统可以预测该参数在未来一段时间内可能导致设备故障，从而提供提前维修和更换的机会。机器学习方法已在异常检测中得到了广泛应用^[1]。通过对历史数据的训练，机器学习算法可以在数据中识别出隐含的规律和特征，从而提高异常检测的准确性和效率。深度学习算法，尤其是在大规模数据处理上展现出强大的能力，可以自动从海量数据中提取有用的特征，进行自我学习，并不断优化检测精度。卷积神经网络(CNN)可以有效处理时序数据，识别出数据中的异常模式，进一步提高了异常检测的自动化水平和精确性。

数据分析方法还能够帮助构建基于风险评估的维护策略。通过对变压器运行数据的深度分析，结合设备的实际运行情况，可以为设备制定个性化的维护计划。数据分析结果能够为设备管理人员提供更加精准的维护决策依据，减少因盲目维护所带来的成本浪费，同时延长变压器的使用寿命。基于数据分析的异常检测方法，不仅提高了对变压器运行状态的监测能力，还为故障预防和维修提供了科学的决策依据。随着技术的不断进步，这些方法将变得更加精准和高效，进一步提升电力设备管理水平。

4 优化巡检流程与提升识别精度

在主变压器的日常巡检过程中，优化巡检流程和提升异常

识别精度是确保设备长期稳定运行的关键。现有的巡检模式多依赖人工检查，效率较低且容易受人为因素的影响。为了提高巡检效率，减少漏检和错判的情况，针对巡检流程的优化和识别精度的提升，已成为现代电力设备管理中的重要课题。一种有效地优化巡检流程的方法是引入智能化巡检设备与系统。智能巡检系统通过集成传感器、红外检测仪、无人机等技术，能够自动化地进行设备状态监测和数据采集。智能设备可以实时获取变压器的运行参数，如油温、油位、电流、电压等，并将数据传输至中央监控系统。这种自动化巡检方式显著提高了巡检效率，减少了传统人工巡检中的疏漏和错误。智能化巡检不仅能够定期、全面地检查变压器的各项运行指标，还能够实现不间断地在线监测，确保设备状态时刻处于掌控之中。

为进一步提升识别精度，智能系统往往结合了数据分析和机器学习算法。这些算法可以实时处理采集到的大量数据，准确识别出潜在的异常情况。在巡检过程中，系统不仅能检测到标准的异常信号，还能通过对历史数据的学习，识别出细微的变化^[4]。基于振动信号和温度变化的联合分析，能够在设备出现隐性故障时，提前发现异常。通过算法优化，系统会自动筛选出不正常的参数波动，并标注出具体可能存在问题的部位，极大地提高了识别精度。

除了智能化设备和算法的应用，巡检流程的优化还需要整合全局信息并进行动态调整。传统的巡检工作往往基于固定的时间表和标准化流程，而智能巡检系统通过对实时数据的分析，可以根据设备的运行状态和历史故障记录，动态调整巡检频次和重点。对于运行状态良好的变压器，系统可以减少巡检频率；而对于某些高负荷或故障频发的设备，巡检周期则可以缩短。这种灵活的调整机制不仅提高了巡检资源的使用效率，还能保证重点区域的巡检不被遗漏。在提升巡检精度方面，数据融合技术的应用同样发挥了重要作用。不同类型的传感器和设备会产生不同格式的数据，通过数据融合技术，可以将这些异构数据进行整合，形成更加全面的故障诊断模型。这种多数据源的融合，不仅提升了对设备状态的全面监控能力，还减少了单一监测点数据带来的误差，从而提高了异常识别的准确性。

对巡检人员的培训也是优化巡检流程的关键。尽管智能化设备可以大幅提升巡检的效率与精度，但巡检人员对设备故障的识别与判断仍然至关重要。通过加强培训，巡检人员不仅能够有效配合智能系统进行设备诊断，还能够系统在无法检测到的细微问题上，做出专业判断。建立一套科学的巡检培训体系，提高巡检人员的专业技能，也是提高整体巡检水平的重要环节。通过综合运用智能化设备、数据分析技术和人员培训，能够显著优化主变压器的巡检流程，并大幅提升异常识别的精度。

5 提高变压器运行可靠性的方法与建议

提高变压器运行可靠性需要从多个方面着手,确保设备的稳定性和长期运行能力。在实际操作中,首先要对变压器的设计、制造、安装以及运行状态进行全面的监控和维护。变压器的设计质量直接决定了其可靠性,合理的结构设计和高质量的原材料选择能够有效提高其抗负载能力和耐用性。变压器的制造过程必须严格控制质量,确保各项标准符合电力系统的安全要求,避免因制造缺陷导致设备在运行中发生故障。在运行阶段,定期的维护和巡检不可忽视。通过建立完善的预防性维护机制,可以有效识别潜在的故障隐患,采取及时的修复措施。维护的重点应放在变压器的关键部件上,如油系统、冷却系统、绝缘系统和电气接头等。油系统的定期检查能够确保变压器的绝缘性能,防止油品污染和老化现象的发生。冷却系统的检查则有助于确保变压器在高负荷运行时能保持适宜的温度,避免过热导致的设备损坏。

采用现代化的智能监控技术,可以进一步提高变压器的运行可靠性。通过在变压器中安装传感器,实时采集电流、温度、油位等运行数据,结合大数据分析和人工智能技术,可以实现

对变压器状态的实时监测。异常数据可以触发自动报警,提醒维护人员及时采取措施^[5]。智能化监控能够有效减少人为失误,提升巡检效率和精度,为变压器的健康运行提供强有力的技术支持。加强操作人员的培训也是提高变压器运行可靠性的关键环节。操作人员对变压器的工作原理和故障特征有深入了解,可以在设备出现异常时迅速做出判断,并采取相应的处置措施。工作人员的专业技能和应急反应能力能够确保在突发故障情况下,及时恢复变压器的正常运行,避免更大的设备损坏和电力系统事故。通过以上综合措施,可以有效提高变压器的运行可靠性,确保电力系统的稳定性和安全性。

6 结语

在变压器的运行管理中,优化巡检流程和提升异常识别精度是确保设备可靠性和安全性的重要手段。通过智能化巡检技术与数据分析手段的结合,可以有效提升设备的监控效率和预警能力,减少设备故障的发生风险。定期维护、合理设计、操作人员的专业培训等方面的改善,也是提高变压器运行可靠性的关键。综合多种手段,能够为电力系统的稳定运行提供有力保障。

参考文献:

- [1] 刘力卿,张弛,顿超,等.变压器巡检机器与无线充电系统互感识别方法[J].测控技术,2025,44(07):42-48+57.
- [2] 郑力,万洪莉.电气工程专业虚拟变电所设备巡检系统应用与分析[J].工业控制计算机,2023,36(08):97-98+100.
- [3] 尹莹.某变电站智能巡检策略优化应用研究[D].广西大学,2020.
- [4] 王良良.智能变电站工程设计中嵌入式应急管理模块的集成化开发路径[J].湖北应急管理,2025,(22):3-5.
- [5] 胡志坚,杜昭童,宋丹丹,等.轨道车辆高压主回路耐压试验问题分析及改进[J].铁道运营技术,2025,31(04):50-52.