

对变电一次设备故障预测及检修方法的探讨

徐淳钰 马颖佳

国网江苏省电力有限公司常州供电分公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7504

[摘要] 变电一次设备故障预测和检修是保障电力系统稳定运行的关键手段。本文详细介绍了三种主要的故障预测方法：传感器数据监测、振动分析和红外热成像检测。这些方法通过实时监测和分析设备状态，有效预测潜在故障。此外，本文还探讨了几种故障检修方法，包括制定安全管理措施、隔离故障、设备内部检查、设备重新启动与实验分析以及人工智能检修技术。结合使用这些预测和检修方法，可以显著提高设备的可靠性和运行安全性。

[关键词] 变电一次设备；故障预测；故障检修；人工智能

Discussion on the fault prediction and maintenance method of primary substation equipment

Xu Chunyu Ma Yingjia

State Grid Jiangsu Electric Power Co., LTD. Changzhou Power Supply Branch

[Abstract] The fault prediction and maintenance of the primary substation equipment is the key means to ensure the stable operation of the power system. This paper introduces three main fault prediction methods: sensor data monitoring, vibration analysis and infrared thermal imaging detection. These methods effectively predict potential failures by monitoring and analyzing the status of the equipment in real time. In addition, this paper also discusses several fault maintenance methods, including the development of safety management measures, isolation of faults, the internal inspection of equipment, equipment reboot and experimental analysis, and artificial intelligence maintenance technology. Using these prediction and maintenance methods together, the reliability and operation safety of the equipment can be significantly improved.

[Key words] primary substation equipment; fault prediction; fault maintenance; artificial intelligence

近年来，随着智能电网技术的快速发展，基于大数据分析、人工智能和物联网的故障预测技术逐渐兴起，为变电一次设备的运维管理提供了新的思路。故障预测技术通过采集设备的运行数据，借助先进的算法模型，能够提前识别设备的潜在故障风险，实现预防性维护，从而有效避免设备故障对电网的冲击。因此，探讨变电一次设备故障预测及检修方法，不仅能够提升设备的运行可靠性，还能减少维护成本，提高电网的整体运营效率，具有重要的研究价值和应用前景。

1 变电一次设备故障预测的方法

变电一次设备故障预测是保证电力系统稳定运行的重要手段。通过先进的监测和分析技术，可以在故障发生之前发现潜在问题，避免事故发生，提高设备运行的可靠性和安全性。本文将介绍三种主要的变电一次设备故障预测方法，包括传感器数据监测、振动分析和红外热成像检测。这些方法各有优势，结合使用可以提供更加全面和准确的故障预测。

1.1 传感器数据监测

传感器数据监测是故障预测的基础方法之一。通过在变电设备上安装各种类型的传感器，如温度传感器、压力传感器和电流传感器，可以实时监测设备的运行状态。这些传感器收集的数据被传输到中央监控系统，通过数据分析和处理技术，能够及时发现设备的异常情况。例如，温度传感器可以监测设备的发热情况，当温度超出正常范围时，系统会发出预警，提示维护人员检查设备。此外，压力传感器可以监测设备内部的压力变化，帮助预测可能的泄漏或其他故障。传感器数据监测方法具有实时性强、覆盖面广的特点，是故障预测的重要手段之一。

1.2 振动分析

振动分析是另一种重要的故障预测方法。变电设备在运行过程中会产生各种形式的振动，通过对这些振动信号的分析，可以发现设备的运行状态和潜在的故障隐患。振动传感器安装

在设备的关键部位，实时采集振动数据。通过对振动数据进行频谱分析、时域分析和小波变换等方法，可以识别出设备的异常振动模式。例如，设备内部零部件的磨损或松动会导致振动频率和幅度的变化，这些变化可以通过振动分析方法早期检测到，并采取相应的维护措施。振动分析方法具有灵敏度高、能够提前发现故障的优势，是故障预测中常用的技术手段之一。

1.3 红外热成像检测

红外热成像检测是一种无接触、非侵入式的故障预测方法。通过红外热成像仪可以实时监测变电设备的表面温度分布情况，识别出设备的异常热区。设备在正常运行过程中，各部件的温度应处于一定的范围内，如果某个部件的温度异常升高，可能预示着设备存在故障隐患。红外热成像仪能够快速扫描设备表面，将温度信息转化为热成像图，显示出设备的温度分布情况。通过对热成像图的分析，可以发现设备的过热部位，并及时进行检查和维护。红外热成像检测方法具有检测速度快、精度高的特点，尤其适用于高压设备的故障预测和检测。

2 变电一次设备故障检修方法

变电一次设备故障检修是保障电力系统稳定运行的重要环节。在故障发生后，及时有效地检修可以减少停电时间，恢复设备的正常运行。为了确保检修工作的顺利进行，需要采取一系列科学的方法和技术手段。本文将介绍几种主要的故障检修方法，包括制定安全管理措施、隔离故障、设备内部检查、设备重新启动与实验分析以及人工智能检修技术。

2.1 制定安全管理措施

制定安全管理措施是变电一次设备故障检修过程中不可或缺的第一步，其目的是在保障检修人员人身安全的同时，避免因操作不当引发新的事故或扩大故障范围。首先，在制定安全管理措施前，需进行详细的安全评估。评估过程中，应根据设备的技术状态、现场环境条件、人员配备等多方面因素，全面识别潜在的安全隐患。危险源可能包括高压电、易燃物质、机械伤害等，因此，针对这些危险源应制定具体的防护措施，如设置隔离区、张贴警示标志、安装应急电源等。

在安全评估完成后，所有参与检修的人员必须接受全面的安全培训。培训内容应包括操作规程、设备结构、故障处理流程、危险源辨识等，还需特别针对紧急情况制定详细的应对方案。例如，在检修过程中如果发生设备突然恢复供电、机械部件异常移动等突发事件，检修人员应能够冷静应对，立即按照预案采取应急措施。同时，在整个操作过程中，检修人员应配备个人防护装备（PPE），如绝缘手套、安全帽、防护眼镜等，以降低物理伤害的风险。

此外，安全管理措施应包括对施工现场的严格控制。在正式开始检修前，现场负责人应确认所有设备已经处于停电状态，并在检修区域设置隔离装置和警示标志，确保无关人员远

离作业区域。整个检修过程应按照操作规程严格执行，杜绝违章操作。最后，应制定应急预案，预案应涵盖可能的突发事件，如火灾、设备爆炸等，并明确各类紧急情况下的责任分工和应对措施，确保发生意外时能够迅速有效地应对。

2.2 隔离故障

隔离故障是检修工作中至关重要的步骤，它直接影响检修工作的顺利开展和设备的安全运行。通过迅速、准确地隔离故障设备，可以防止故障进一步蔓延，并确保其他系统和设备的正常运转。在隔离故障的过程中，第一步是借助设备的监测系统和故障诊断系统，精确定位故障的具体位置和类型。例如，电气系统的保护继电器、监测传感器等可以为故障点的分析提供重要的参考数据。通过这些工具，运维人员能够快速判断故障的性质，是短路、过载，还是设备内部元件失效等。

接下来，在确认故障点后，操作人员需要按照规定程序关闭相关断路器和开关，将故障设备从主电网中隔离开来。这里特别需要强调的是，断电操作的顺序和方式至关重要，必须严格按照操作规程执行，避免引发二次故障或设备反送电的情况。例如，在操作高压设备时，应先关闭下游断路器，再逐步操作上游设备，确保断电操作安全无误。

隔离工作完成后，现场还需进行进一步的安全防护。首先，在设备隔离的地方设置显著的标志，如“检修中”“禁止合闸”等，以防其他无关人员误操作。同时，检修区域应明确划定，禁止无关人员进入，避免意外情况的发生。对于大型设备或高压设备，必要时可以布置专门的监护人员，时刻监控检修区域的安全状况。

2.3 设备内部检查

设备内部检查是故障排查和修复过程中至关重要的环节。在完成故障隔离后，设备的内部检查将帮助确定故障的具体位置及原因，进而为修复工作提供依据。首先，内部检查的第一步是对设备的外观及其连接部件进行目视检查。通过观察外部部件的磨损、老化、变形或腐蚀情况，技术人员可以初步判断设备是否存在机械损伤或电气问题。同时，电气连接点、接地系统等部分也是检查的重点，通过目视和简单工具测试，可以排除明显的连接不良或松动现象。

在初步检查完成后，技术人员需拆卸设备外壳，进入内部进行更为详细的检查。这时需要特别小心，确保设备在断电状态下进行拆解操作，并佩戴相应的防护装备。内部检查的重点通常集中在变压器线圈、断路器触点、绝缘材料、电缆接头等易发生故障的部位。变压器的线圈如果出现过热、烧焦等现象，往往是过载或短路的迹象。断路器的触点则容易因电弧损坏或接触不良而失效，因此必须仔细检查其表面是否有明显的烧蚀痕迹。

为了确保检查的准确性，还需要借助专业的检测仪器，如

万用表、绝缘电阻表、红外线测温仪等。通过这些工具可以测量设备内部各部件的电气参数，如电阻、电流、温度等。任何异常的数据都会为进一步故障分析提供线索。例如，绝缘电阻过低可能表明绝缘材料老化或受潮，而温度过高则可能是电流过载导致的结果。

最后，设备的内部检查结束后，技术人员应编写详细的故障报告，记录每一项检查的结果以及可能的故障原因。报告应包括故障的具体位置、表现形式以及相关电气参数数据，并根据这些信息制定下一步的维修计划。通过详细的内部检查，可以准确找到故障根源，并确保设备在修复后能够安全稳定运行。

2.4 设备重新启动与实验分析

在故障修复完成后，设备的重新启动和实验分析是确保其恢复正常运行关键环节。首先，重新启动设备必须严格按照操作规程进行，逐步恢复设备的电源。恢复过程中，操作人员应密切关注设备的运行参数，包括电流、电压、温度等，确保这些参数保持在安全范围内。尤其是在高压电气设备中，电流和电压的波动可能意味着设备修复过程中的潜在问题，如绝缘材料的老化或接触不良等。因此，重新启动时，运维人员应使用监测设备，实时记录运行数据，并随时准备应对突发状况。

在启动设备时，如发现任何异常情况，例如电流突然升高、温度超标或设备出现异常噪音，应立即停止启动操作。此时，需要重新检查设备内部元件、连接部位和修复区域，确保没有任何潜在的故障点。设备的重新启动往往是检修工作的最终验证环节，因此，必须确保每一个步骤都严格按照标准执行，避免因操作失误导致二次故障或其他安全事故。

设备成功启动后，还需进行一系列的实验分析，以确保其长期稳定运行。这些实验包括耐压测试、负载测试、短路测试等，目的是验证设备在极端工作条件下的稳定性。例如，耐压测试可以确认设备的绝缘材料是否能在高压下正常工作，负载测试则可以检验设备在不同负荷条件下的表现。通过这些实验分析，可以进一步确认设备在修复后是否达到预期的运行标准，并能够安全、可靠地持续运行。

最后，实验结束后，所有测试结果应详细记录，形成设备的运行报告。这些数据将成为未来运维工作的参考依据，也可以为设备的下次维护提供重要的预警信息。如果在实验分析过程中发现任何异常，需要及时处理，并再次进行实验，直至设备完全通过测试，确保其能够在实际运行中稳定工作。

2.5 人工智能检修技术

随着电力系统智能化发展的深入，人工智能（AI）技术在故障检修领域中的应用日益广泛。人工智能检修技术通过对设备运行数据的智能分析，不仅可以显著提高故障诊断的速度与

准确性，还能为设备的预防性维护提供强有力的技术支持。人工智能技术的核心在于其能够通过大量历史数据的积累与学习，构建故障诊断模型和预测模型，从而在故障发生时快速定位故障，并提出相应的检修建议。

首先，人工智能技术中常用的机器学习、深度学习算法能够从海量的设备运行数据中提取有价值的特征，进而训练出高效的故障检测模型。例如，通过分析变压器、断路器等设备的电流波形、温度变化、振动特性等数据，AI系统可以自动识别出设备的早期故障迹象，并及时发出预警。这一过程可以大大缩短故障的检测时间，提高检修效率，避免因故障未及时发现而引发的设备损坏或大范围停电事故。

其次，人工智能技术还可以应用于故障诊断后的自动化控制与监测。例如，AI系统可以在设备运行时实时监测设备的各种运行参数，如电压、电流、温度等，当某一参数出现异常时，系统会立即分析问题所在，并根据内置的专家系统给出故障排查和检修的建议。这不仅提高了故障诊断的准确性，还为检修人员提供了可靠的技术参考，有助于快速采取措施，解决问题。

此外，AI技术在自动化检修设备中的应用也在逐步扩大。例如，基于人工智能的自动巡检机器人能够自主完成高压设备的巡检任务，通过红外、超声波等传感器检测设备表面温度、震动频率等数据，及时发现潜在问题。相比于传统的人工巡检，这种智能化巡检方式具有高效、安全、实时的优势，特别是在高压危险区域，能够减少人员参与，降低安全风险。

人工智能技术还具备故障预测的能力。通过对设备历史运行数据的长期分析，AI系统可以提前预测设备的潜在故障点，帮助企业提前安排维护计划。这种预防性维护策略能够有效减少设备故障率，提高设备的使用寿命，并为企业节约维护成本。

3 结束语

综上所述，变电一次设备的故障预测和检修在保障电力系统稳定运行中发挥着重要作用。通过传感器数据监测、振动分析和红外热成像检测，可以及时发现设备潜在故障，采取预防措施。而制定安全管理措施、隔离故障、设备内部检查、设备重新启动与实验分析以及人工智能检修技术则为故障检修提供了科学有效的方法。这些技术手段的综合应用，不仅提高了设备的可靠性和安全性，也为电力系统的平稳运行提供了坚实保障。未来，随着技术的不断发展，这些方法将变得更加智能化和高效，为电力系统的持续优化贡献更大力量。

[参考文献]

- [1] 赖炳华. 变电一次设备故障预测及检修方法分析[J]. 黑龙江科技信息, 2015, 15: 90.
- [2] 张飞凤. 变电一次设备故障预测及检修方法探讨[J]. 科技创新与应用, 2016, 06: 179.