

# 电力系统变电一次设备状态检修技术应用探究

丘文娇

(国网福建电力有限公司超高压分公司 福建省福州市 350000)

摘要：本文针对电力系统变电一次设备状态检修技术进行了探究，首先介绍了变电一次设备检修的基本原理，而后详细阐述变电一次设备状态检测的关键技术。以期本研究能给为电力系统变电一次设备状态检修技术发展提供有益理论和实践指导，从而提高电力系统的安全、可靠和高效运行。

关键词：电力系统；变电一次设备；状态检修；状态检测；状态预测

在电力系统中，变电一次设备承担着电能传输和分配的重要任务，其正常运行对于电力系统的稳定运行至关重要。为确保设备的可靠性和安全性，需要对变电一次设备进行检修。具体而言，变电一次设备状态检修技术的基本原理是通过检测设备进行全面的检测和评估，以确定设备的健康状况和存在的问题。本文在阐述变电一次设备检测基本原理的基础上，详细阐述分析了变电一次设备状态检测、变电一次设备状态预测、高压开关设备状态检修、主变压器设备状态检修四方面的技术内容，旨在为提升电力系统变电一次设备状态检修效率与质量提供借鉴与参考。

## 1. 变电一次设备检修基本原理

变电一次设备检修是指对变电站中的一次设备（如变压器、断路器、隔离开关、电缆等）进行定期检查、维护和修复的过程，旨在确保设备的正常运行、延长设备的使用寿命、提高设备的可靠性和安全性<sup>[1]</sup>。变电一次设备检修基本原理包括油路检修原理、变压器状态检修原理、断路器检修原理，具体如表 1 所示。

表 1 变电一次设备检修基本原理

基本原理	原理内容
油路检修原理	(1) 油质检查原理：对设备中的油质进行检查，包括油的外观、颜色、气味等，以判断是否存在污染、氧化或其他异常情况。 (2) 油位检查原理：检查设备中的油位是否正常，确保油路中的油量充足，并检查油位表的准确性。 (3) 油温检查原理：检查设备中的油温是否正常，确保油的温度在允许范围内，避免油温过高或过低对设备性能造成影响。 (4) 油管路检查原理：检查油管路的连接是否牢固，是否存在泄漏或损坏情况，确保油路畅通。
变压器状态检修原理	(1) 绝缘状况检查原理：检查变压器的绝缘状况，包括绝缘材料的老化、破损、污染等情况，以确保变压器的绝缘性能良好。 (2) 冷却系统检查原理：检查变压器的冷却系统，包括冷却油的质量和油泵的运行情况，确保

	变压器能够有效冷却。 (3) 过载保护装置检查原理：检查变压器的过载保护装置，包括温度控制器、电流保护器等，确保其正常工作，及时发现并防止变压器的过载情况。 (4) 运行参数检查原理：检查变压器的运行参数，包括温度、湿度、噪音等，以判断变压器的运行状态是否正常。
断路器检修原理	(1) 机械部分检查原理：检查断路器的机械部分，包括触头、弹簧、驱动机构等，确保其正常运行，防止机械故障。 (2) 电气部分检查原理：检查断路器的电气部分，包括触头的接触状态、电气连接的可靠性等，确保断路器的电气性能良好。 (3) 操作机构检查原理：检查断路器的操作机构，包括操作手柄、电动机等，确保操作机构的灵活性和可靠性。 (4) 保护装置检查原理：检查断路器的保护装置，包括过流保护、短路保护等，确保保护装置的正常工作，及时保护设备安全。

## 2. 变电一次设备状态检测关键技术

### 2.1 变电一次设备状态检测

变电一次设备状态检测的关键技术包括在线监测技术、离线检测技术和在规定时间内解体检测技术。在检测过程中，技术人员应结合设备特征和类别，选择合理的检测方法，以获得更可靠、精准的检测数据。

第一，在线监测技术。在线监测技术的主要特点是实时性和全面性。通过安装传感器和监测装置，可以对设备的多个参数进行实时监测，如温度、湿度、振动、电流、电压等<sup>[2]</sup>。在线监测系统中，管理信息系统为该系统核心，负责接收、存储和分析传感器采集的数据。通过对数据的分析，实时判断设备是否存在异常情况，如过载、电压波动、温度过高等。若发现异常，则管理信息系统会发出警报通知相关人员，并提供详细的数据和分析结果，以便及时采取措施。分布控制系统和数字调整系统是在线监测系统的辅助设备，用于对设备进行调整和控制。根据在线监测系统提供的数据和分析结果，

对设备进行实时调整，以保持设备在正常工作状态，实现对设备的精确控制和调整。

第二，离线检测技术。主要利用超声波检测器、红外线测温器、振动检测器等设备对设备进行定期或不定期地离线检测，以判断设备是否能够正常运转。其中，超声波检测器主要通过发射超声波并接收反射波，分析设备内部的声音反射情况，判断设备是否存在异常，主要用于检测轴承的摩擦、齿轮的磨损等问题；红外线测温器主要通过测量设备表面的红外线辐射，得到设备不同部位的温度分布情况，以判断设备是否存在故障或异常，主要用于检测设备过载、电路问题<sup>[3]</sup>；振动检测器抓哟通过测量设备的振动幅度、频率和相位等参数<sup>[4]</sup>，判断设备是否存在异常振动，主要用于检测轴承损坏或润滑油不足等问题。

第三，规定时间内解体检测技术。在开始解体检测之前，需要拆卸设备外壳和部件，清洁设备表面，确保安全操作和准确检测。检测人员在拆解设备过程中，应根据设备的结构和拆卸程序，逐步拆解设备，将设备的各个部件和零件分开。同时，检测人员应注意记录和标记每个零件的位置和状态，以便后续的检测和组装。在设备拆解完成后，检测人员可以使用目视检查、测量仪器、显微镜等工具和方法，对每个零件的表面状况、尺寸精度、磨损程度、腐蚀情况进行检测，以判断零件的损耗程度<sup>[5]</sup>。基于此，判断设备是否需要更换零件、修复损坏部分或进行其他维修措施，以确保设备的正常、安全运行。在完成零件检测和评估后，检测人员应根据设备的拆解程序和作业标准，对设备进行组装和测试。确保设备的各个部件正确安装，并进行必要的功能和性能测试，以验证设备的修复效果和运行状态。

2.2 变电一次设备状态预测

变电一次设备状态预测技术包括选择适当的预测模型和分析设备特征。通过预测技术的应用，可以实现对设备状态的实时预测，为设备维护和运行提供指导和决策支持，提高设备的可靠性和运行效率。

第一，预测模型选择。在对变电一次设备的工作状态进行预测时，技术人员应选择合适的预测模型。常用的预测模型包括灰色系统理论和BP神经网络(图1所示)等<sup>[6]</sup>，以根据历史数据和设定的警报数值，对设备的运行情况进行在线实时预测。

第二，设备特征分析。在进行状态预测时，分析设备的特征是非常重要的内容。例如，对于容易损坏的零件，如轴承，可以采用基于灰色系统的状态预测模型，对轴承的振动、温度、油液等特征进行实时预测分析，避免发生设备故障<sup>[7]</sup>。同时，技术人员可以根据预测结果，提前设计设备检修方案，运维人员可以在设备发生故障之前提前设计设备检修方案，避免设备突然故障导致的停电和生产中断，降低维修成本和损失，并降低维修成

本，提升电力系统的运转可靠性。

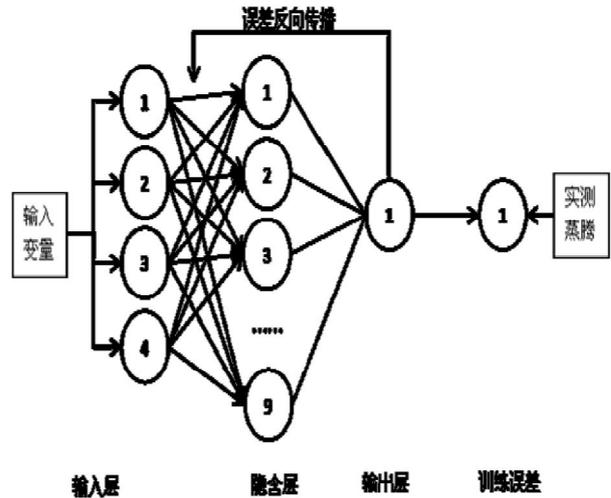


图1 BP神经网络示意图

2.3 高压开关设备状态检修

变电一次设备高压开关设备状态检修技术包括现场检修、监控技术和油开关状态检测。通过采用这些技术，可以及时了解高压开关设备的状态，进行维护和修复，提高开关运行的安全性和可靠性，确保电力系统的正常运行和人员的安全。

第一，现场检修。在开始检修之前，必须确保开关设备已经断电，并且所有相关的安全措施已经采取，以保障检修人员的安全。现场检修包括清洁、紧固螺栓、更换磨损部件等开关本体行检修；检查控制电路、触发机构、保护装置等操作系统检修。在完成开关和操作系统的检修后，进行功能测试，包括对开关的分合闸操作、保护装置的检测等，以验证设备的正常运行<sup>[8]</sup>。在检修完成后，检修人员应重新恢复设备的安全措施，例如闭锁装置的复位、警示标志的撤除等

第二，监控技术。在对高压开关柜运行维护的监控过程中，可以使用监控设备来监测直流电阻、气体湿度和气体泄漏等参数。在具体检测中，检测人员可以通过专门的直流电阻测试仪监测直流电阻；使用湿度传感器来实时监测开关柜内的湿度水平<sup>[9]</sup>；使用气体泄漏监测设备，如气体泄漏传感器，来实时监测开关柜内的气体泄漏情况，以及时了解开关状态，提高开关设备的安全性和可靠性，减少故障风险，并优化维护计划。

第三，油开关状态检测。油开关在维持高压开关的状态方面起着重要作用。在状态检测和维修过程中，可以以油开关的等效切断时间和累计切断电流作为判断依据。其中，等效切断时间是油开关从合闸到切断电流完全中断所需的时间。通过监测和记录油开关的等效切断时间，判断油开关的性能和工作状态<sup>[10]</sup>。若等效切断时间超过了设定的标准值，则油开关存在故障或磨损，需要进行维修或更换。累计切断电流是油开关在正常运行

过程中,累积的切断电流总量。通过监测和记录油开关的累计切断电流,评估油开关的使用寿命和剩余寿命<sup>[11]</sup>。当累计切断电流超过油开关的额定电流量时,需要对油开关进行维修或更换,以确保设备的安全运行。

#### 2.4 主变压器设备状态检修

主变压器设备状态检修技术涉及温度测控技术、状态检修技术和多种技术手段的应用,旨在全面了解设备的状态并采取相应的维修和保养措施,以确保变电一次设备的可靠性和安全性。在进行主变压器设备状态检修时,工作人员应特别注意线圈的吸收率、铁芯的安装位置和绝缘电阻等参数,以便更准确地诊断设备可能存在的问题<sup>[8]</sup>。全面考察设备的实际状态,并结合相关的预防措施,可以更好地判断设备的可靠性,并进行相应的维修和保养工作。

第一,温度测控技术。应用温度测控技术可以实时监测主变压器的温度,对确保主变压器设备的稳定运行具有积极作用。在具体实践中,专业工程师可以使用高灵敏的红外探头发射光线,经过精确的调制可以实时检测设备的热能,从而实现对设备热能的实时监控<sup>[12]</sup>。若温度异常,则提示设备可能存在故障或问题,技术人员应及时采取预防措施进行处理<sup>[13]</sup>。

第二,状态检修技术。状态检修技术是通过通过对设备参数和历史运行数据的分析和运算,确定设备的状态并进行相应的维修工作<sup>[14]</sup>。一般会采用非齐次泊松模型等方法进行状态检修。通过更改模型并运算相关数据,可以得到设备的参数和信息,从而保障主变压器状态检修的质量。

第三,多种技术手段的应用。在进行设备状态检修时,技术人员可以使用多种技术手段,全面监控系统的设备性能、设备放射性和电气连接等情况<sup>[15]</sup>。例如,局部放射解析法、频率响应法和气动分析法等,以更准确地识别出设备的故障原因,并及时采取预防措施,确保设备检修的安全性。

#### 3. 结语

基于电力系统的不断发展和变电一次设备状态检修技术的不断完善,电力系统的可靠性和安全性得到了有效提升。在电力系统变电一次设备状态检修过程中,技术人员应注重对变电一次设备的状态进行检测和预测,以及时发现变电一次设备的故障和潜在问题,并采取具有针对性的维修手段及设备调整措施,确保设备安全运行。同时,检修人员在变电一次设备状态检测中,注重

高压开关设备、主变压器设备的状态检修,以提升变电一次设备状态检修效率及质量。未来实践发展中,技术人员应持续整合应用新型技术,提升变电一次设备状态检修质量,不断推动电力系统的发展和改进,以适应日益增长的电力需求和能源利用效率提升的要求。

#### 参考文献:

- [1]万杰枫.变电一次设备中的故障检测与维护分析[J].电子技术,2023,52(03):364-365.
- [2]邓红成.电力系统变电一次设备状态检修策略分析[J].中国金属通报,2019,(12):168-169.
- [3]李艳伟.电力系统变电一次设备状态检修工作研究[C]//《建筑科技与管理》组委会.2019年12月建筑科技与管理学术交流会议论文集.云南送变电工程有限公司,2019:2.
- [4]段素青.电力系统变电一次设备状态检修策略分析[J].科技风,2019,(28):192+212.
- [5]陈李那.关于电力系统变电一次设备状态检修的研究[J].科学技术创新,2019,(21):153-154.
- [6]张笛.关于电力系统变电一次设备状态检修的探究[J].门窗,2019,(13):211-212.
- [7]童荣斌;黄华;肖荣洋.电力系统变电一次设备状态检修策略的探讨[J].中国新技术新产品,2019,(05):48-49.
- [8]李慧华.电力系统变电一次设备状态检修策略研究[J].电子技术与软件工程,2019,(03):223.
- [9]罗仁浩.电力系统变电一次设备状态检修策略研究[J].通讯世界,2019,26(02):145-146.
- [10]田实雨.电力系统变电一次设备状态检修策略分析[J].南方农机,2018,49(24):66.
- [11]温永轲.变电一次检修运行以及设备检修的信息化分析[J].通讯世界,2018,(11):132-133.
- [12]庄建煌.基于合作博弈和云模型的智能变电站输电变电一次设备状态评估[J].自动化技术与应用,2018,37(08):75-79.
- [13]韦功习.基于智能化技术的变电一次设备状态检修策略分析[J].集成电路应用,2023,40(11):302-303.
- [14]汤允佳,王诗清.电力系统变电一次设备状态检修技术[J].光源与照明,2023,(09):101-103.
- [15]刘恢.电力系统变电一次设备状态检修技术[J].电子世界,2021,(19):208-209.