

高精度电力测绘技术在电力设备监测中的应用

孟文俊

内蒙古电力勘测设计院有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要：随着电力行业的快速发展，电力设备的安全运行与高效维护成为保障电力系统稳定性的关键因素。高精度电力检测技术作为现代电力监测的重要手段，通过集成先进的传感器技术、机器学习算法、物联网技术等，实现了对电力设备状态的实时监测与精确诊断。本文旨在探讨高精度电力检测技术在电力设备监测中的应用，分析其技术原理、实现方式及未来发展趋势，为提升电力设备监测水平提供理论支持。

关键词：高精度电力测绘技术；电力设备；监测

引言

电力设备作为电力系统的核心组成部分，其运行状态直接影响电网的安全与稳定。传统的电力设备监测方法存在精度低、效率低、难以发现隐藏故障等问题。因此，高精度电力检测技术的研发与应用成为必然趋势。该技术通过非接触式测量、智能化数据分析等手段，显著提高了监测的准确性和效率，为电力设备的预防性维护提供了有力支持。

1 高精度电力检测技术概述

1.1 技术原理

高精度电力检测技术主要依赖于先进的传感器技术、信号处理技术及数据分析技术。传感器用于实时采集电力设备的运行参数，如温度、湿度、电流、电压、振动等；信号处理技术则对这些原始数据进行预处理，提取有用信息；数据分析技术则利用机器学习算法对处理后的数据进行深度挖掘，识别异常状态并预测潜在故障。

1.2 主要技术类型

1.2.1 超声波检测技术

超声波检测技术是一种非破坏性的检测方法，它利用超声波在介质中的传播特性，对电力设备的内部结构和状态进行检测（表1）。超声波是一种高频振动波，其在固体、液体和气体中传播时，会遇到不同介质界面或内部结构的变化而发生反射、折射或散射等现象。这些现象与电力设备的内部缺陷或松动情况密切相关，因此可以通过分析超声波的传播特性来检测电力设备的状态。在电力设备监测中，超声波检测技术主要应用于检测设备的内部缺陷，如裂纹、夹杂物、脱粘等，以及设备的松动情况，如螺栓松动、接触不良等^[1]。为了实现高精度的检测，通常会采用高灵敏度的超声波传感器，并结合先进的信号处理技术和数据分析算法，对采集到的超声波信号进行滤波、增强、定位和分析，从而准确地判断电力设备的内部状态和故障位置。

表1 超声波检测技术特性表

项目	数据/指标
超声波频率范围	0.1MHz-100MHz
传播介质	固体、液体、气体
主要检测对象	电力设备内部缺陷（裂纹、夹杂物、脱粘等）、设备松动情况（螺栓松动、接触不良等）
传感器灵敏度	≥ 90dB（相对于1V/ μ bar）
信号处理技术	滤波（带通滤波、低通滤波等）、信号增强（增益控制、自动增益控制等）、定位（时间差定位、相位差定位等）、分析（频谱分析、波形分析等）
检测精度	缺陷定位精度：±5mm；缺陷大小评估精度：±10%
数据分析算法	基于机器学习的故障识别算法，准确率 ≥ 95%
预期效果	提前发现潜在故障，减少设备停机时间 ≥ 30%；提高设备维护效率 ≥ 20%

1.2.2 红外热像检测技术

红外热像检测技术是一种非接触式的温度测量技术，它通过捕获设备表面的红外辐射，将其转换成可见的图像，并分析设备的温度分布，从而发现过热点等潜

在故障。这种技术利用了红外辐射与物体温度之间的对应关系，即所有物体都会因其温度而发出一定波长的红外辐射，且辐射强度与物体温度成正比。在电力设备监测中，红外热像检测技术具有广泛的应用价值。由于电力

设备在运行过程中会产生热量,因此其温度分布可以反映设备的运行状态和潜在故障。通过红外热像仪对设备表面进行扫描,可以实时获取设备的温度图像,并通过图像处理技术提取温度信息,进而分析设备的热状态。

1.2.3 局部放电检测技术

局部放电检测技术是针对电力设备内部绝缘系统的一种非破坏性检测手段,其核心在于检测和分析设备内部局部放电所产生的电磁波信号。局部放电通常发生在电力设备绝缘系统的薄弱环节,如绝缘老化、损伤或设计缺陷处,这种放电现象虽然规模微小,但长期发展可能导致设备绝缘性能的显著下降,甚至引发重大故障。特高频局部放电检测是此领域的一种先进技术。它利用特高频传感器,这类传感器具有极高的灵敏度和抗干扰能力,能够捕捉到局部放电产生的微弱电磁波信号。这些信号包含了放电的位置、强度和频率等关键信息。通过先进的信号处理技术,可以对这些电磁波信号进行深度分析,从而精确定位放电故障点。

1.2.4 智能巡检机器人

智能巡检机器人通常配备了高清摄像头、红外热像仪、超声波传感器以及局部放电检测器等多种检测仪器,能够对电力设备的外观、温度、声音以及内部放电情况等进行全面、实时的监测。在自主巡检方面,智能巡检机器人采用了先进的导航和定位技术,如GPS、激光雷达以及视觉识别等,能够自主规划巡检路线,精确到达每一个巡检点,并对设备进行细致的检查。同时,机器人还具备强大的数据处理和分析能力,能够对采集到的各种数据进行实时处理和分析,及时发现设备的异常或潜在故障。智能巡检机器人的应用,极大地提高了电力设备的巡检效率和质量。它不受天气、时间等环境因素的限制,能够全天候、全方位地对设备进行监测,有效避免了因人为因素导致的巡检疏漏或误判。同时,机器人还能够对巡检数据进行长期保存和分析,为电力设备的维护和管理提供有力的数据支持。

2 高精度电力检测技术在电力设备监测中的应用

2.1 变压器监测

高精度电力检测技术在变压器监测中的应用,极大地提升了故障预警与诊断的准确性和及时性。通过高精度电力检测技术,可以对变压器的多项关键参数进行实时监测。其中,油温是一个重要的监测指标。油温的升高往往意味着变压器内部可能存在过热现象,这可能是由于绕组短路、铁芯饱和或冷却系统故障等原因造成的。通过持续监测油温,并结合历史数据进行趋势分析,可以及时发现潜在的故障风险。除了油温,油位也

是变压器监测中不可或缺的一项参数。油位的异常变化可能表明变压器存在漏油或内部结构损坏等问题。高精度电力检测技术能够精确测量油位,并在发现异常时及时发出预警。绕组温度是另一个关键的监测点。绕组是变压器的核心部件,其温度的变化直接反映了变压器的负载情况和散热性能。通过高精度电力检测技术,可以实时监测绕组温度,确保其在安全范围内运行^[2]。此外,局部放电也是变压器监测中的一项重要内容。局部放电通常发生在绝缘系统的薄弱环节,是绝缘老化的重要征兆。高精度电力检测技术能够捕捉到微弱的局部放电信号,并对其进行分析和处理,从而及时发现潜在的绝缘故障。

2.2 开关柜监测

由于开关柜内部设备密集,且电流、电压等参数较高,因此易产生热量。高精度电力检测技术通过实时监测开关柜内的温度分布,可以及时发现过热现象,预防因温度过高导致的设备损坏或火灾事故。湿度也是开关柜监测中不可忽视的因素。湿度过高可能导致设备绝缘性能下降,引发短路等故障。高精度电力检测技术能够准确测量开关柜内的湿度,并在湿度超标时及时发出预警,提醒运维人员采取相应措施。振动监测在开关柜中同样具有重要意义。由于开关柜内部设备在运行过程中会产生振动,因此振动信号的变化可以反映设备的运行状态。高精度电力检测技术通过监测开关柜的振动信号,可以及时发现设备松动、接触不良等潜在故障。此外,局部放电监测也是开关柜监测中的重要内容。开关柜内部设备在绝缘老化或损坏时可能产生局部放电现象。高精度电力检测技术能够捕捉到微弱的局部放电信号,并对其进行分析和处理,从而及时发现潜在的绝缘故障,为开关柜的维护和管理提供有力支持。

2.3 充电桩监测

高精度电力检测技术在充电桩监测中的应用,为确保充电过程的安全可靠,预防电气火灾等安全隐患提供了有力保障。在充电桩的监测中,电流和电压是两个至关重要的参数。通过高精度电力检测技术,可以实时监测充电桩的输出电流和电压,确保其稳定在设定的安全范围内。一旦电流或电压出现异常波动,监测系统会立即发出预警,提醒运维人员及时进行检查和维修,从而有效避免电气故障的发生。温度监测同样是充电桩监测中不可忽视的一环。由于充电桩在充电过程中会产生一定的热量,如果散热不良或温度过高,就可能引发电气火灾等安全隐患。高精度电力检测技术能够实时监测充电桩的温度变化,并在温度超标时及时发出预警,确保

充电桩的安全运行^[3]。除了电流、电压和温度,高精度电力检测技术还可以监测充电桩的其他关键参数,如充电功率、充电时间等。通过对这些参数的实时监测和分析,可以更加全面地了解充电桩的运行状态,及时发现并处理潜在的故障隐患。

2.4 光伏电站监测

为了确保光伏电站的高效稳定运行,高精度电力检测技术在此领域发挥着关键作用。特别是EL检测仪等先进设备的应用,为光伏组件的无损检测提供了有力手段。EL检测仪利用电致发光原理,对光伏组件进行非接触式检测。在检测过程中,仪器向光伏组件施加一定电压,使其发光。通过捕捉和分析发光图像,可以快速发现组件中的裂纹、热点等缺陷。这种无损检测方式不仅提高了检测效率,还避免了因传统检测方法可能对组件造成的损害。裂纹是光伏组件中常见的缺陷之一。它们可能由于生产过程中的机械应力、安装时的操作不当或长期运行中的环境因素而产生。裂纹的存在会导致组件的发电效率下降,甚至引发短路等故障。通过EL检测仪,可以准确识别出裂纹的位置和形态,为后续的修复工作提供精确指导。热点是另一个需要关注的缺陷。它们通常由于组件内部的局部电阻增大或电流分布不均而产生。热点的存在不仅会降低组件的发电效率,还可能引发火灾等安全隐患。通过EL检测仪,可以及时发现热点并分析其成因,为采取有效的修复措施提供依据。

3 高精度电力检测技术的未来发展趋势

3.1 智能化与自动化

未来的高精度电力检测技术将深度融合人工智能、机器学习等先进技术,通过集成更多高精度传感器和智能算法,实现对电力设备状态的实时监测与智能诊断。这些技术将能够自动分析检测数据,识别设备故障模式,预测潜在风险,并给出相应的维修建议。智能巡检机器人、无人机等自动化设备将在电力设备监测中发挥越来越重要的作用。这些设备能够自主规划巡检路线,执行复杂的巡检任务,如跨越障碍、攀爬高塔等,极大地提高了监测效率和安全性。同时,它们还能够实时传输检测数据,为远程监控和智能诊断提供有力支持。

3.2 数据驱动与云计算

随着大数据技术的不断发展,高精度电力检测技术

将更加注重数据的管理与分析。通过建立完善的设备状态数据库,收集、整理和分析海量的监测数据,为电力设备的状态评估、故障诊断和寿命预测提供科学依据。云计算平台将为高精度电力检测技术的数据处理和分析提供强大的计算能力^[4]。利用云计算平台,可以对大规模数据进行快速处理和分析,挖掘数据背后的价值信息,实现对电力设备状态的精准预测和故障预警。此外,云计算平台还可以实现数据的共享和协同处理,促进不同部门之间的信息共享和合作。

3.3 多技术融合与联合检测

未来的电力设备监测将不再局限于单一技术,而是多种技术的融合与联合检测。超声波检测、红外热像检测、局部放电检测等多种技术将相互补充、相互配合,形成一套全面的监测体系。这些技术将各自发挥优势,从多个角度对电力设备状态进行全面监测和精准诊断。除了电力检测领域内的技术整合外,未来的高精度电力检测技术还将积极探索与其他领域的交叉融合。例如,与物联网技术相结合,实现电力设备的远程监控和智能管理;与区块链技术相结合,提高监测数据的安全性和可信度等。这些跨领域技术的整合将为高精度电力检测技术的发展注入新的活力。

结语

高精度电力检测技术在电力设备监测中的应用,显著提高了监测的精度和效率,为电力设备的预防性维护提供了有力支持。随着技术的不断发展和创新,高精度电力检测技术将在智能化、自动化、数据驱动、多技术融合和标准化与规范化等方面取得更大突破,为电力行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]纪良,汪良坤,张建华.电力设备状态监测与故障诊断技术分析[J].电子技术,2023(10):260-261.
- [2]杨铎,李玉,郭袅,等.基于极寒条件下电气设备运行监测技术的电力系统在线分析[J].电气应用,2019,38(6):112-119.
- [3]张晓东.电力一次设备的在线监测与状态检修技术分析[J].科技资讯,2021,15(27):37-38.
- [4]李刚,李冠男.变电站在线监测的新技术与新概念探析[J].百科论坛电子杂志,2022,(21):320-321.