

浅析电子仪表测量技术和故障检测维护

张景辉

天津市第五中心医院生态城医院 天津 300467

摘要: 电子仪表测量技术是现代工业与科研领域的核心支撑,其精准性与可靠性直接影响系统运行效率。本文围绕电子仪表测量技术及故障检测维护展开研究,首先概述其技术特点与维护重要性,进而分析高精度信号处理、智能校准、抗干扰及自动化测量等关键技术;从硬件老化、软件缺陷、环境影响等维度剖析常见故障类型及成因;最后阐述直观检测、对比检测、替换检测及电流参数检测等实用故障检测方法,旨在为电子仪表的稳定运行与高效维护提供理论参考与技术路径。

关键词: 浅析电子仪表;测量技术;故障检测维护

引言:随着电子技术的飞速发展,电子仪表在航空航天、电力能源、通信制造等领域的应用日益广泛,其测量精度与稳定性成为保障复杂系统可靠运行的关键。然而,长期运行中的元件老化、环境干扰、软件漏洞等问题,易导致仪表测量偏差或功能失效,轻则影响数据准确性,重则引发系统故障甚至安全事故。因此,深入研究电子仪表测量技术的核心原理,掌握科学的故障检测与维护方法,对提升设备可靠性、降低运维成本具有重要现实意义。

1 电子仪表测量技术和故障检测维护的概述

电子仪表测量技术是利用电子学原理实现物理量测量、信号处理与数据显示的核心技术,在现代工业、科研及民生领域中发挥着不可替代的作用。该技术通过将温度、压力、电流等物理量转化为电信号,经放大、滤波、A/D转换等处理后,以数字或图形形式直观呈现测量结果,具有精度高、响应快、便于远程监控等优势。故障检测与维护是保障电子仪表可靠运行的关键环节。由于电子仪表长期处于复杂的电磁、温湿度环境中,加之内部元件的自然老化,极易出现硬件损坏、软件异常等故障。及时有效的故障检测能够快速定位问题根源,通过科学维护手段,如元件更换、软件升级、校准调试等,恢复仪表性能,避免因测量误差引发生产事故或数据失真。因此,系统掌握电子仪表测量技术原理,构建完善的故障检测维护体系,对提升设备稳定性与运行效率具有重要意义^[1]。

2 电子仪表测量的关键技术

2.1 高精度信号处理技术

在电子仪表测量中,高精度信号处理技术是确保测量准确性的基石。该技术主要针对微弱或复杂信号进行处理,通过放大、滤波、降噪等手段,提升信号质量。

在放大环节,采用低噪声放大器,可在不引入过多干扰的前提下,将微弱信号放大至可处理水平;滤波技术则利用带通、低通或高通滤波器,精准滤除无用频段信号,保留有效信息。同时,结合数字信号处理(DSP)技术,对信号进行快速傅里叶变换等运算,实现对信号特征的深度提取与分析。以高精度温度测量仪表为例,通过高精度信号处理技术,可将温度变化产生的微弱电信号准确捕捉并转换为精确的温度数值,误差可控制在极小范围内,满足航空航天、精密科研等领域对测量精度的严苛要求。

2.2 智能校准与误差补偿技术

智能校准与误差补偿技术是提升电子仪表测量精度与可靠性的关键手段。传统校准需人工定期操作,不仅效率低,还易受人为因素影响。智能校准技术借助微处理器和传感器,可自动采集仪表测量数据,并与标准值对比,依据偏差自动调整校准参数,实现校准过程的自动化与智能化。误差补偿技术则通过建立误差模型,对仪表因环境变化、元件老化等因素产生的误差进行动态补偿。例如,针对压力仪表在不同温度下的测量误差,利用温度传感器实时监测环境温度,结合预先建立的温度-误差补偿模型,自动修正测量结果。该技术有效减少了仪表校准的人工成本与时间成本,保障了测量数据的长期稳定性与准确性,广泛应用于工业自动化控制、计量检测等领域。

2.3 强电磁环境抗干扰技术

随着电子设备的密集使用,强电磁环境对电子仪表的干扰日益严重,强电磁环境抗干扰技术成为保障仪表正常运行的核心技术之一。该技术从屏蔽、滤波、接地等多方面入手,降低电磁干扰对仪表测量的影响。屏蔽技术通过金属屏蔽罩或屏蔽线缆,阻隔外界电磁信号进

入仪表内部电路；滤波技术采用电磁干扰（EMI）滤波器，滤除电源及信号线路中的高频干扰信号；合理的接地设计则能将干扰电流引入大地，避免其对电路产生影响。此外，采用电磁兼容（EMC）设计理念，优化仪表内部电路布局与布线，增强电路自身的抗干扰能力。在变电站、通信基站等强电磁环境场所，应用该技术的电子仪表能够稳定运行，确保电压、电流等参数的准确测量，为电力系统、通信系统的安全稳定运行提供可靠保障。

2.4 自动化与智能化测量技术

自动化与智能化测量技术是电子仪表发展的重要趋势，显著提升了测量效率与精度。自动化测量技术通过编程控制，实现测量过程的自动启动、数据采集、处理及存储，无需人工干预，减少了人为操作误差，提高了测量效率。例如，自动化测试系统可在短时间内完成对大量电子元件参数的测量与分析。智能化测量技术则融合人工智能、机器学习等算法，使仪表具备自主学习与决策能力。如智能电表能够根据历史用电数据预测用户用电趋势，自动调整测量策略；故障诊断型仪表可通过对测量数据的深度学习分析，自主判断设备运行状态，提前预警潜在故障。该技术推动电子仪表从单纯的数据测量工具向智能决策终端转变，广泛应用于智能制造、物联网等新兴领域。

3 电子仪表常见故障类型及成因

3.1 硬件故障

3.1.1 元件老化损坏

电子仪表内部包含大量电子元件，如电阻、电容、晶体管等。在长期运行过程中，元件受电流热效应、机械振动等因素影响，会出现老化现象。电容的电解液干涸、电阻阻值漂移、晶体管性能衰退等问题，会导致元件功能失效。例如，电容老化后容量下降，可能使滤波效果变差，影响信号质量；晶体管老化后放大能力减弱，导致仪表测量精度降低，最终引发仪表整体故障。

3.1.2 接触不良

电子仪表内的线路连接点、插件接口等部位易发生接触不良问题。频繁插拔、震动、氧化等因素，会使连接点的接触电阻增大。如印刷电路板上的焊点，因焊接工艺不佳或长期震动，可能出现虚焊、脱焊；仪表的接插件在多次插拔后，簧片弹性减弱，导致接触压力不足，造成信号传输中断或不稳定，进而使仪表显示异常或无法正常工作。

3.2 软件故障

3.2.1 程序错误

电子仪表软件在开发过程中，可能因代码逻辑设计

缺陷、语法错误或未充分测试，导致程序运行异常。例如，循环语句的边界条件设置不当，会使程序陷入死循环；数据类型转换错误，可能引发数据溢出或错误计算。此外，软件升级时新旧版本的兼容性问题，或其他系统模块存在冲突，也会导致程序崩溃、功能紊乱，致使仪表无法按预期完成测量、显示及控制任务。

3.2.2 数据丢失或损坏

电子仪表运行过程中，存储芯片故障、电源异常断电、电磁干扰等因素，易造成数据丢失或损坏。如闪存（Flash）存储单元因长期读写出现磨损，导致存储的数据位翻转；突然断电时，未及时写入存储设备的临时数据会丢失；强电磁脉冲干扰可能破坏存储芯片的电路结构，使已存储的数据出现乱码或部分丢失，从而影响仪表的测量结果准确性与数据追溯功能^[2]。

3.3 外部环境因素导致的故障

3.3.1 温度影响

电子仪表对工作温度有特定要求，过高或过低的环境温度都会引发故障。高温环境下，电子元件材料的物理化学性质发生变化，如电容电解液加速挥发、半导体器件载流子浓度改变，导致元件参数漂移，电路性能下降；低温则可能使电子材料变脆，连接器、焊点等部位出现机械损伤，甚至造成锂电池等储能器件性能大幅衰减。极端温度还会引起仪表外壳和内部结构件的热胀冷缩，导致部件变形、接触不良，影响仪表正常工作。

3.3.2 电磁干扰

在复杂电磁环境中，电子仪表易受周围设备产生的电磁辐射干扰。如大功率电机、高频通信设备工作时，会向空间辐射强电磁信号，这些信号耦合到仪表的信号传输线或电路中，会产生感应电流和电压，干扰正常信号。此外，仪表内部不同电路模块之间也可能存在电磁串扰，导致测量数据波动、显示错乱，严重时甚至会使用仪表的微处理器出现程序跑飞、死机等故障，无法准确完成测量任务。

4 电子仪表故障检测方法

4.1 直观检测法

直观检测法是最基础且常用的电子仪表故障检测手段，主要依靠检测人员的视觉、听觉、嗅觉和触觉对仪表进行初步判断。视觉方面，检测人员会仔细观察仪表外观是否存在破损、变形，电路板上元件是否有烧焦、鼓包、开裂现象，焊点是否虚焊、脱焊，以及指示灯是否正常亮起、显示屏是否显示异常字符或黑屏等。听觉上，通过倾听仪表运行时是否发出异常声响，如变压器的嗡嗡声、继电器的异常抖动声，判断内部元件是否松

动或电路存在异常。嗅觉检测则是感知仪表是否散发刺鼻的焦糊味,若有,可能意味着元件过热烧毁。触觉方面,在仪表断电并确保安全的情况下,触摸元件表面温度,若某元件温度过高,可能存在短路问题。该方法的优点在于操作简单、无需复杂设备,能快速发现明显故障;但缺点是难以检测到内部隐性故障,且依赖检测人员的经验,检测精度有限,通常作为故障检测的第一步,为后续检测提供线索。

4.2 对比检测法

对比检测法是将故障仪表与正常工作的同型号仪表,或参考标准数据进行对比分析,从而找出故障点的方法。在实际操作中,一方面可以对两台仪表进行相同输入条件下的输出对比,比如向故障仪表和正常仪表同时输入相同的电压、电流信号,观察两者的显示数据、波形输出是否一致,若存在较大差异,则可初步判断故障仪表的信号处理、显示等环节存在问题。另一方面,通过对比仪表的参数设置、程序代码等,查看是否存在参数误设、代码错误。例如,在工业自动化控制系统中,对比故障温度仪表与正常仪表的温度补偿参数、校准系数等,若发现参数不一致,可能是参数设置错误导致测量偏差。此外,还可将仪表的运行状态数据与历史正常数据进行对比,分析数据趋势变化,判断是否出现性能衰退或故障隐患。该方法检测准确性较高,但前提是要有正常仪表作为参照或完善的标准数据,且对仪表工作原理和参数设置有深入了解,适用于批量仪表检测或有明确参照标准的场景。

4.3 替换检测法

替换检测法是通过用正常的元器件、模块或部件替换怀疑有故障的部分,来确定故障位置的方法。当怀疑仪表某一元件损坏时,可选用同规格、性能良好的元件进行替换,如怀疑电阻阻值异常,更换新的电阻后,观察仪表是否恢复正常工作,若恢复,则说明原电阻存在问题。对于模块化设计的仪表,可直接替换整个功能模块,如将故障仪表的信号处理模块与正常仪表的该模块互换,若故障转移到另一台仪表上,则可确定故障在被替换的模块内。替换检测法不仅适用于硬件元件,在软件故障排查中也有应用,例如替换仪表的程序存储芯片或重新刷入正常的程序固件,检测是否因软件问题导致故障。此方法能快速定位故障部位,尤其在缺乏详细检测

设备和复杂检测技术时优势明显。但它需要准备大量备用元件和模块,成本较高,且若替换不当,可能会引发新的故障,同时也无法准确判断元件损坏的具体原因。

4.4 电流参数检测法

电流参数检测法是利用电流表、万用表等测量工具,通过检测电子仪表电路中各支路、元件的电流参数,来判断电路工作状态是否正常的方法。在仪表正常工作时,各部分电路的电流值处于一定范围内,且遵循电路设计原理。检测时,首先根据仪表电路图,确定关键测试点,如电源输入端、信号放大电路、驱动电路等部位的电流测量节点。将电流表串联接入电路,测量实际电流值,并与标准电流参数进行对比。若某支路电流值异常偏大,可能存在短路问题,如某功率放大器的电流远超正常值,可能是内部晶体管击穿;若电流值偏小或为零,则可能存在断路,像电阻开路、焊点脱落等情况。此外,通过监测电流随时间的变化情况,还能分析电路的动态工作性能,例如观察启动瞬间电流是否过大,判断电源电路或负载是否存在故障。该方法能够深入检测电路内部故障,对隐性故障的排查具有重要意义,但要求检测人员熟悉电路原理和电流参数标准,且操作过程中需断开电路进行串联测量,相对较为复杂,对检测设备的精度也有一定要求^[1]。

结束语

综上所述,电子仪表测量技术的创新发展与故障检测维护能力的提升相辅相成。高精度信号处理、智能校准等核心技术的突破,推动了电子仪表测量的准确性与可靠性;而全面的故障检测方法与维护策略,则保障了仪表在复杂环境下的稳定运行。未来,随着人工智能、物联网等技术的深度融合,电子仪表将向更高精度、智能化方向演进。持续深化测量技术研究,完善故障检测维护体系,不仅能降低设备运维成本,更能为工业自动化、智能制造等领域的高质量发展筑牢技术根基。

参考文献

- [1]韩龙.电子仪表测量技术和故障检测维护[J].电子技术与软件工程,2018(09):114-115
- [2]张红兵.浅议电子仪表测量技术和故障的检查处理方法[J].中国设备工程,2017(18):180-181.
- [3]赵静.浅议电子仪表测量技术和故障的检查处理方法[J].黑龙江科学,2016(09):30-31.