

影响计量仪表误差的因素及优化措施解析

鲁 霄

新疆同益投资有限责任公司检维修中心 新疆 克拉玛依 834000

摘 要: 计量仪表在工业生产、科学研究等领域至关重要,其测量精度直接影响决策的准确性。本文围绕计量仪表误差展开研究,阐述了其基本概念与分类,将误差分为系统误差、随机误差和粗大误差。分析了影响误差的内在因素(设计、制造、材料、元器件)、外在环境因素(温度、湿度、气压、电磁干扰、振动冲击)及人为操作因素(安装、操作、维护校准)。介绍了误差检测技术与评估指标体系,并针对性提出优化措施,包括优化内在设计制造、改善外在环境、规范人为操作等,为提升计量仪表测量精度提供了全面参考。

关键词: 计量仪表误差概念;主要因素;优化措施

引言:计量仪表的误差的存在难以避免,制约着仪表效能的发挥。深入探究计量仪表误差的相关问题,明确误差的概念、分类,剖析影响因素,进而提出有效的优化措施,对提高测量结果可靠性、保障各领域正常运行具有重要意义。本文就此展开系统分析,旨在为解决计量仪表误差问题提供理论与实践支持。

1 计量仪表误差的基本概念与分类

1.1 计量仪表误差的基本概念

计量仪表误差是指仪表测量结果与被测量真实值之间的差值,是衡量仪表测量精度的核心指标。在实际应用中,由于仪表自身性能、环境条件、操作方式等多种因素的影响,绝对准确的测量几乎无法实现,误差的存在具有必然性。从本质上看,误差的形成是测量系统与被测量对象之间相互作用的结果。如温度传感器在测量过程中,其自身电阻值的变化可能与被测环境的真实温度变化存在偏差;流量仪表在检测流体流量时,流体的粘度、流速分布等因素可能导致仪表输出值与实际流量不符。误差的大小通常通过绝对误差、相对误差和引用误差来表示。绝对误差是测量值与真实值的差值,反映误差的实际大小;相对误差是绝对误差与真实值的比值,用于比较不同量级测量结果的精度;引用误差则是绝对误差与仪表量程的比值,常用于评价仪表的整体性能。

1.2 计量仪表误差的主要分类

根据误差的性质和产生原因,计量仪表误差可分为以下系统误差、随机误差和粗大误差三大类。(1)系统误差是指在相同条件下多次测量同一量时,误差的大小和方向保持不变或按一定规律变化的误差。其产生原因包括仪表设计缺陷、校准不当、环境因素的恒定影响等。例如,压力表因指针安装偏心导致的示值偏差,热电偶因参考端温度补偿不准确产生的测量误差,均属于

系统误差。(2)随机误差是在相同条件下多次测量同一量时,误差的大小和方向随机变化的误差。它主要由环境中的微小波动(如温度的瞬间变化、电磁干扰的随机起伏)、仪表内部元器件的热噪声等因素引起。(3)粗大误差又称过失误差,是指由于操作人员的疏忽、误操作或仪表突发故障等原因造成的明显偏离实际值的误差。如操作人员读取数据时的看错、记错,仪表突然受到强烈冲击导致的示值跳变等。粗大误差属于异常值,在数据处理过程中应予以剔除,以保证测量结果的可靠性^[1]。

2 影响计量仪表误差的主要因素

2.1 内在因素

影响计量仪表误差的内在因素源于仪表自身的属性与状态,由以下设计、制造及老化等方面的特性决定。

(1)仪表的设计水平。设计中对测量原理理解有偏差,或结构布局未充分考虑力、热、电等物理量的合理传递,会使仪表在原理层面存在测量精度局限。部分仪表因设计时未有效隔离干扰信号,导致内部不同组件信号相互干扰,影响测量准确性。设计中量程范围划分不合理,会使某些特定区间量值的测量误差明显增大。(2)制造工艺的优劣。制造过程中,加工精度不足会使关键部件尺寸与设计标准有偏差,导致装配后各部件配合间隙不符合要求,在测量中产生额外误差。工艺稳定性不足会使同一批次仪表性能差异较大,部分因工艺缺陷出现测量精度不达标情况。(3)材料性能。构成仪表的材料若物理性能不稳定,受温度、压力等因素变化时,自身几何尺寸、电学特性会发生较大改变,影响测量精度。材料的老化特性会使仪表长期使用中性能逐渐衰退,误差不断增大。材料抗腐蚀、抗磨损能力不足,会使仪表在恶劣环境下快速损坏,加剧误差产生。(4)仪表内部元器件的性能。元器件精度等级不够,自身误差

会直接传递到仪表测量结果中。元器件稳定性较差,长时间工作或环境条件变化时参数会漂移,导致测量误差增大。部分元器件因质量问题在使用中出现故障,也会使仪表产生异常误差。

2.2 外在环境因素

外在环境因素是仪表所处的外部条件,其变化会通过以下多种方式影响测量精度,导致误差产生。(1)温度影响。环境温度变化会使仪表元器件热胀冷缩,改变几何尺寸和电阻、电容、电感等物理参数,影响电路性能和测量结果。温度剧烈波动会导致内部各部件膨胀或收缩程度不一致,产生内应力,进一步加剧误差。几乎所有仪表都会受到温度因素影响,只是敏感程度不同。

(2)湿度影响。高湿度环境会使内部绝缘材料受潮,降低绝缘性能,导致漏电,影响电路正常工作,产生测量误差。湿度较高时,金属部件易腐蚀生锈,影响机械性能和电气连接性能,导致精度下降。低湿度环境可能使材料干燥收缩,产生静电,干扰电子线路,造成误差。

(3)气压变化影响。以气体为介质或与大气相通的仪表,气压变化会改变气体密度、压力等参数,影响测量结果。高海拔地区气压较低,可能导致依赖气压平衡的仪表出现测量偏差。气压剧烈波动可能影响仪表密封性能,使外部气体或杂质进入内部,影响正常工作。(4)电磁干扰影响。周围电气设备、输电线路等产生的电磁场,会通过电磁感应、静电耦合等方式侵入仪表电路系统,干扰电信号传输和处理,导致测量值偏差。高精度电子计量仪表受电磁干扰影响更明显,可能使其测量误差大幅增加。(5)振动与冲击会影响。持续振动会使内部元器件松动、位移,改变相对位置和连接状态,导致电路接触不良或参数变化,产生测量误差。强烈冲击可能损坏结构部件和元器件,使仪表性能受永久性破坏,造成严重误差。

2.3 人为操作因素

人为操作因素是仪表安装、使用、维护等过程中,因人员操作不当导致的误差,具体如下:(1)安装过程操作不当。安装位置选择不合理,如安装在振动剧烈、温度过高或电磁干扰强的地方,会使仪表受额外环境影响,加剧误差。安装方式不符合规范,如角度偏差、固定不牢固等,会导致仪表测量中受力不均,影响内部结构稳定性,产生误差。仪表与测量对象连接不正确,如管路漏气、电路接触不良等,也会直接影响测量准确性。(2)操作人员专业素养不足。操作人员对仪表工作原理、操作流程不熟悉,使用中可能设置错误参数、选择不合适测量范围,使测量结果偏差。读数方法不正

确,如视线与刻度盘不垂直、估读误差过大等,会引入人为误差。部分操作人员责任心不强,测量中粗心大意,未及时发现仪表异常状态,导致错误测量结果被记录。(3)日常维护与校准不规范。维护不及时,仪表表面灰尘、油污未清理,会影响正常散热和读数准确性。需定期更换的电池、滤芯等部件未按时更换,会导致仪表性能下降,误差增大。校准是保证测量精度的关键环节,校准周期过长,仪表性能漂移会使误差超范围;校准用标准器具精度不足或方法不正确,也会导致校准后仍有较大误差^[2]。

3 计量仪表误差的检测与评估方法

3.1 常用的误差检测技术与手段

误差检测技术以对比分析为核心,通过将仪表测量值与参考值进行比对实现误差量化,具体方法有以下几种:(1)直接测量法是基础手段,通过对仪表输出值的直接读取与记录,获取原始误差数据。间接测量法则通过测量与误差相关的衍生参数,经计算推导得出误差值。(2)动态检测技术用于捕捉仪表在测量过程中的实时误差变化,适用于连续测量场景。静态检测技术则针对仪表在稳定状态下的误差进行测定,侧重于获取固定条件下的误差数值。(3)自动化检测系统通过集成传感器、数据采集设备与分析软件,实现误差检测的自动化与智能化,提升检测效率与数据准确性。人工检测作为辅助手段,在特殊场景下补充自动化检测的不足,确保检测覆盖的全面性。

3.2 误差评估的指标体系

误差评估指标体系包含以下基础指标与综合指标。(1)基础指标包括绝对误差、相对误差与引用误差,分别从不同维度反映误差的数值特征与相对程度。(2)综合指标涵盖误差重复性、稳定性与准确度等级,用于评估仪表在多次测量、长期使用及不同条件下的误差表现。重复性指标反映相同条件下多次测量误差的一致程度,稳定性指标体现误差随时间的变化趋势,准确度等级则是对仪表误差范围的综合性划分^[3]。

4 应对计量仪表误差的优化措施

4.1 针对内在因素的误差优化措施

针对内在因素的误差优化措施如下:(1)优化仪表设计。建立完善的设计规范,在设计阶段引入多物理场仿真分析,充分考量力、热、电等物理量的传递路径,减少原理性误差。强化干扰信号隔离设计,采用屏蔽、滤波等技术手段,降低内部组件间的信号干扰。合理规划量程范围,根据实际测量需求细化量程分段,确保各区间测量精度的均衡性。(2)提升制造工艺水平要制定

严格的工艺标准。加强对加工设备的精度校准与维护,保证关键部件的加工精度。建立工艺稳定性监控体系,通过实时监测生产过程中的关键工艺参数,及时调整工艺方案,缩小同批次仪表的性能差异。(3)加强材料选型与管理。优先选用物理性能稳定、抗老化、抗腐蚀及抗磨损能力强的材料。建立材料性能检测机制,对入库材料进行全面的性能测试,确保材料质量符合仪表设计要求。(4)严格控制元器件质量。选用精度等级达标、稳定性高的元器件。建立元器件筛选与老化测试流程,剔除性能不合格的元器件,减少因元器件问题引发的误差。

4.2 应对外在环境因素的误差优化办法

外在环境因素的误差优化办法有:(1)实施温度控制。在仪表安装区域配备温控设备,维持环境温度的稳定。对温度敏感的仪表,采用温度补偿技术,通过硬件或软件手段抵消温度变化对测量结果的影响。加强湿度调控,根据仪表特性设定合理的环境湿度范围,安装除湿或增湿设备,保持湿度稳定。对仪表内部易受湿度影响的部件,采用防潮处理工艺,提升其抗湿性能。(2)针对气压影响,对于受气压变化影响较大的仪表,安装气压补偿装置,实时监测气压变化并进行相应的参数修正。在高海拔等气压特殊区域,选用经过特殊设计的耐气压仪表。(3)强化电磁干扰防护,合理规划仪表安装位置,远离强电磁辐射源。对仪表外壳进行电磁屏蔽处理,内部电路采用抗干扰设计,如增加接地、滤波等措施,降低电磁干扰的影响。(4)减少振动与冲击影响,选用具有抗振动、抗冲击结构的仪表,在安装时采用减震装置,降低外部振动与冲击的传递。定期检查仪表的固定情况,确保安装牢固。

4.3 减少人为操作因素误差的优化策略

减少人为操作因素误差的优化策略如下:(1)规范安装流程。制定详细的安装手册,明确安装位置选择、

安装方式及连接要求。加强安装人员的培训与考核,确保安装操作符合规范。安装完成后进行严格的验收检查,及时发现并纠正安装不当问题。(2)提升操作人员专业素养。定期开展仪表操作培训,使操作人员熟悉仪表的工作原理、操作流程及参数设置要求。建立操作规范,明确读数方法与记录要求,减少人为读数误差。加强操作人员的责任心教育,提高其对仪表异常状态的识别能力。(3)完善日常维护与校准机制。制定定期维护计划,及时清理仪表表面的灰尘、油污,确保仪表散热良好及读数清晰。按照规定周期更换电池、滤芯等易损部件,避免因部件老化导致性能下降。(4)建立科学的校准体系。根据仪表使用频率及精度要求,合理确定校准周期。选用精度等级符合要求的标准器具,严格按照校准规程进行操作,确保校准结果的准确性。校准完成后,做好校准记录并对仪表性能进行评估^[4]。

结束语:计量仪表误差受多种因素综合影响,涉及内在属性、外在环境及人为操作等方面。通过本文研究,明确了各因素的作用机制,并提出了相应的优化策略。在实际应用中,需结合具体情况,综合运用这些措施,以最大限度降低误差。未来,随着技术的发展,还需持续探索更先进的误差控制方法,不断提升计量仪表的性能,满足日益提高的测量精度需求。

参考文献

- [1]吴军.影响仪器仪表测量误差的因素分析[J].工程学研究与应用,2025,6(8):11-12.
- [2]曲泽海.浅谈影响仪器仪表测量误差的因素[J].百科论坛电子杂志,2021(7):2973.
- [3]吴波.超声波流量计现场检测中的误差影响因素探析[J].福建质量管理,2020(19):154,137.
- [4]孙培强,同立民,李卿,等.数字仪表误差来源分析与非线性误差的改进措施[J].现代电子技术,2023,46(18):53-56.