

# 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。从本质上讲，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<sup>[1]</sup>。

## 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<sup>[2]</sup>。

## 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<sup>[3]</sup>。

## 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。合理划分量程范围，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<sup>[4]</sup>。

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].工程学研究与实用,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.