

# Error analysis and control strategy in liquid flow measurement verification

Chuangfu Xu

Alxa League Inspection and Testing Center, Alashan, Inner Mongolia, 750306, China

## Abstract

Liquid flow measurement is extensively applied in energy, chemical, water resources, and environmental protection sectors, where its accuracy directly impacts trade settlements, process control, and operational safety. As a critical step in ensuring measurement instrument accuracy, verification is often affected by various factors in practice, leading to measurement deviations. This paper systematically analyzes the primary error sources in liquid flow measurement verification, including equipment system errors, environmental influence errors, operational human errors, and errors caused by medium characteristic variations. For different error types, corresponding control strategies are proposed, such as optimizing equipment selection and calibration, improving environmental conditions, standardizing operational procedures, and establishing quality control systems. These strategies provide both theoretical foundations and practical guidance for enhancing the accuracy of liquid flow measurement verification.

## Keywords

liquid flow; measurement verification; error analysis; control strategy

# 液体流量计量检定过程中的误差分析及控制策略

徐创福

阿拉善盟检验检测中心, 中国 · 内蒙古 阿拉善 750306

## 摘 要

液体流量计量广泛应用于能源、化工、水利、环保等领域,其准确性直接影响贸易结算、过程控制和安全运行。检定作为确保计量器具量值准确的关键环节,在实际操作中常受多种因素影响,导致测量结果产生偏差。本文系统分析了液体流量计量检定过程中的主要误差来源,包括设备系统误差、环境影响误差、操作人为误差和介质特性变化引起的误差。针对不同类型的误差,提出了优化设备选型与校准、改善环境条件、规范操作流程、建立质量控制体系等相应控制策略,为提高液体流量计量检定准确性提供了理论依据和实践指导。

## 关键词

液体流量; 计量检定; 误差分析; 控制策略

## 1 引言

液体流量计量是现代工业生产以及社会生活里的关键部分,关联着石油、天然气、化工、食品、制药等众多行业。流量测量的精准度不仅关乎贸易结算的公平,还会直接影响生产过程的控制精度和产品质量。检定是量值溯源的关键步骤,将被检流量计与标准装置作比对,保证量值传递准确一致。开展检定工作期间,因为设备、环境、操作、介质等方面因素的作用,会产生误差。细致剖析这些误差产生的源头,并实施有效的管控策略,对提高检定结果可信度、降低经济损失十分关键。

## 2 液体流量计量检定基础

### 2.1 流量计量基本原理

液体流量计量的主要工作是测算单位时间里流经管道横截面的流体体积或者质量。按照测量原理的差异,常见的流量计有差压式、容积式、涡轮式、电磁式、超声波式等多种类别,即便各种流量计的工作原理有差别,然而都遵循质量守恒定律和能量守恒定律<sup>[1]</sup>。检定过程中,常利用标准装置对被检流量计开展校准,通过对比读数评估被检流量计计量性能,标准装置的精准度直接影响检定结果的可靠程度,需定期进行溯源和维护。

### 2.2 常用检定方法与标准装置

常用的液体流量计量检定方法有静态称重法、动态称重法、容积法、标准表法等。静态称重法称量一定时间流入容器的流体质量,进而计算流量,可用于中小流量的检定工作。动态称重法则借助持续称量流体质量的变化达成实时流

【作者简介】徐创福(1976-),男,中国内蒙古阿左旗人,本科,高级工程师,从事计量检测研究。

量测量,可用于大流量检定。容积法借助已知容积的标准容器来测定流体的体积,虽操作简便但受温度影响明显,采用标准表法进行检定时,将被检流量计与高精度标准表串联起来,通过对比两者读数完成检定,适合现场检定工作,不论选用哪种办法,标准装置都得符合相应的准确度等级要求,且需定期校准。

## 2.3 检定流程与质量控制要点

液体流量计量检定步骤如下:开展检定工作前需做好准备工作,包括设备检查、介质准备和环境控制,随后将被检流量计与标准装置正确安装连接;按规程要求设置不同流量点进行检定操作,最后记录各流量点读数,算出误差和不确定度;判定结果并出具证书(依据检定规程判断被检流量计是否合格,并签发检定证书)<sup>[2]</sup>。在整个流程里,质量控制自始至终都有涉及,包含设备状态检查、环境参数监测、操作过程监督、数据审核这些环节,任何环节出现疏忽,都可能导致检定结果出现偏差,故而需建立完善的质量控制体系。

## 3 误差来源分析

### 3.1 设备系统误差

#### 3.1.1 标准装置误差

检定结果受标准装置自身准确度的影响最为关键,使用标准装置的过程中,零部件磨损、老化或校准不及时都可能造成误差增大,若静态称重法中的衡器没有定期校准,称量的结果或许存在偏差。若容积法里的标准容器出现变形,其容积值就会与标称值存在差异,标准装置与被检流量计是否匹配也会影响检定结果,要是二者的量程范围不相符,可能使某些流量点的测量误差增大。

#### 3.1.2 被检流量计误差

被检测的流量计,其自身性能是误差产生的另一个重要源头,不同种类的流量计,工作特性与误差规律各有不同,涡轮流量计的轴承一旦磨损,就会造成仪表系数改变。电磁流量计测量信号的稳定性会因电极污染而受影响。超声波流量计易受流体流动状态和温度变化的影响,流量计安装质量的好坏会直接左右其测量的精准度,像前后直管段不够、安装角度有偏差等情况都会产生额外误差。

### 3.2 环境影响误差

#### 3.2.1 温度影响

温度的变化会影响液体的密度、黏度等物理参数,最终造成流量测量结果出现变化,对于测量对象为体积流量的流量计而言,温度升高会让液体体积膨胀,若质量流量不发生改变,体积流量会增大。温度改变会引发设备零部件热胀冷缩,进而对标准装置和被检流量计的几何尺寸造成影响<sup>[3]</sup>。温度变化会使标准容器的容积发生改变;内部结构尺寸的改变或许会让流量计的仪表系数出现漂移。

#### 3.2.2 压力影响

液体的密度和压缩性主要受压力变化的影响,高压条件下,液体密度会增大,或许会让某些类型的流量计(如差压式流量计)的测量结果出现偏差,压力波动有可能让流体的流动状态出现变化,如产生气泡或涡流,进而干扰流量计正常运行,检定过程中,倘若压力控制不稳定,便无法获取准确可靠的检定结果。

#### 3.2.3 其他环境因素

除了温度和压力,湿度、振动、电磁干扰等环境因素或许也会对检定结果造成影响,高湿度环境易使电子设备受潮,进而降低其性能;振动会对衡器、传感器这类精密仪器的正常工作产生干扰。电磁干扰对电子流量计的信号采集与处理造成影响,检定实验室,需采取有效举措把控这些环境因素,给检定工作创造稳定可靠的条件。

### 3.3 操作人为误差

#### 3.3.1 安装操作误差

安装操作失误是引发人为误差的一大主因,检定装置安装期间,若管道连接密封不严,会引发流体泄漏,进而使测量结果偏低。若被检流量计前后的直管段未达到规程要求,会影响流体流动状态,进而引入附加误差。阀门操作方式会对流量稳定性造成影响,阀门开启太快,可能引发流体冲击,进而影响流量计的读数。

#### 3.3.2 读数与记录误差

检定过程中,操作人员的读数与记录操作也有引入误差的可能,读取流量计时,若视线和刻度盘不垂直,会引发视差误差。若在记录数据的过程中,要是出现笔误或者数据录入错误,会直接影响检定结果的准确性。操作人员对检定规程的理解与执行情况有别,会使操作过程出现偏差,如流量点设置、稳定时间控制等方面就存在差异。

### 3.4 介质特性变化误差

#### 3.4.1 密度与黏度变化

流量测量受液体的密度和黏度等重要参数影响,各种液体的密度和黏度差别明显,即便为同一种液体,其密度和黏度也会随温度、压力等条件变动而改变,某些类型的流量计,如容积式流量计,液体黏度对其测量结果的影响较为明显。对于差压式流量计而言,密度改变会直接影响流量计算的结果,检定过程中,要是介质的密度或黏度和流量计标定条件差别较大,会使测量误差增大。

#### 3.4.2 含气与含杂质影响

若液体里存在气泡或固体杂质,会极大影响流量测量的精确性,气泡会占用一定的流道空间,实际通过流量计的液体体积变少,并且有可能引发流量计内部零部件的磨损或损坏。固体杂质或许会堵塞流量计的流道,也可能损坏传感器,进行检定的时候,若介质处理没做好,包含气泡或者杂质,便无法得到精准的检定结果。

## 4 误差控制策略

### 4.1 设备系统误差控制

#### 4.1.1 标准装置定期校准与维护

制定标准装置定期校准与维护的制度,依照检定规程规定的周期,将标准装置送至上级计量机构开展溯源校准,保证量值精准可靠。加大日常维护保养力度,迅速更换出现磨损的零部件,保障设备始终处于良好工作状态。针对关键设备,需设立设备档案,记录该设备的使用情况、维护记录以及校准证书,做到全生命周期管理<sup>[4]</sup>。

#### 4.1.2 被检流量计安装与调试

对被检流量计做全面检查,确保其外观无瑕疵、零部件完备。依照检定规程的严格要求开展安装工作,前后直管段长度、安装角度等符合相关规定。新安装的流量计,要进行全面调试和试运行,等其工作稳定后开展正式检定,若在检定期间察觉流量计存在异常,要即刻停止检定并实施维修操作。

### 4.2 环境影响控制

#### 4.2.1 温度与压力控制

应在检定实验室,检定实验室应配置齐全的温湿度控制设备,让环境温度处于检定规程要求的范围,同时维持温度稳定,针对需进行温度修正的检定项目,应于检定进程中实时监测流体温度,精准记录温度数据以计算修正值,保证检定系统压力稳定,杜绝因压力波动产生测量误差,针对需要恒定压力的检定项目,要配备可靠的压力调节装置。

#### 4.2.2 其他环境因素控制

运用有效方法管控湿度、振动、电磁干扰等环境要素,维持实验室环境的干燥状态,防止电子设备受潮;配备防震装置,降低外部振动对精密仪器的干扰。运用屏蔽、接地等手段,减少电磁干扰对电子流量计造成的影响,按照固定周期对实验室环境实施监测与评估,迅速找出并处理环境问题<sup>[5]</sup>。

### 4.3 操作误差控制

#### 4.3.1 人员培训与资质管理

加大对检定人员的培训力度,让他们熟知检定规程和操作流程,掌握各类设备的使用方法与注意要点,构建人员资质管理体系,要求人员持证上岗。定时对检定人员开展考核,保证其拥有相应专业能力,激励检定人员参与专业培训与学术交流活动,时时更新知识,提升业务水准。

#### 4.3.2 标准化操作流程

设计细致的标准化操作规范,确切明确各环节操作要求和注意事宜,开展检定工作时,严格依照操作规程开展工作,降低人为因素干扰。运用自动化的数据采集与处理系统,

降低人工读数和记录步骤,提升数据精准度与工作效能。构建数据审核体系,迅速对采集的数据开展审核与纠错工作,保障数据质量。

### 4.4 介质特性控制

#### 4.4.1 介质选择与预处理

依照被检流量计的类型与检定要求,选择合适的检定介质,若流量计需要进行密度或黏度修正,应当选取与实际使用状况相近的介质。对介质做充分的预处理,除去里面的气泡和固体杂质,若涉及易挥发的介质,需实施密封手段,降低蒸发损耗。

#### 4.4.2 介质参数实时监测

检定过程中,实时监控介质的温度、压力、密度等参数,及时开展修正计算。针对对温度变化敏感的检定项目,需缩短检定间隔时长,减轻温度变化造成的影响。制定介质参数监测记录制度,精准记录各参数的变化动态,为后续数据分析与误差评估提供基础。

## 5 结论

本文全面且系统地剖析了液体流量计量检定过程中的主要误差来源,涵盖设备系统误差、环境影响误差、操作人为误差以及介质特性变化造成的误差。针对各类误差,推出了相应的控制策略,强化设备校准与维护、把控环境因素、规范操作流程、优化介质管理等,为提升液体流量计量检定准确性给出可行方案。未来,液体流量计量检定技术会朝着自动化、智能化、网络化方向大步迈进,需深入探究多参数耦合作用产生的误差机理,构建更完备的误差分析模型,为流量计量检定工作提供更有效的制度保障。

### 参考文献

- [1] 张柯,裘雪玲,樊家成.巴歇尔槽明渠流量计喉宽影响误差的量化研究[J].计量学报,2025,46(08):1127-1133.
- [2] 魏国池,张明明.燃气长输管道中的流量计量与误差控制研究[J].石化技术,2025,32(04):369-370.DOI:CNKI:SUN:SHJS. 0.2025-04-130.
- [3] 安鑫,肖五强.成品油卸车系统计量误差成因分析与对策[J].化工管理,2025,(09):132-135.DOI:10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2025.09.035.
- [4] 郑海霞,杨建琳,林斌发.旋翼式湿式水表计量等级提升的研究[J].中国仪器仪表,2023,(10):74-78.DOI:CNKI:SUN:ZYQB. 0.2023-10-013.
- [5] 吴丹.流体黏度对容积式流量计的性能影响[J].石油石化节能与计量,2023,13(09):79-82+99.DOI:CNKI:SUN:GWYT.0.2023-09-015.