

燃油加油机检定中力学计量误差分析与量值追溯方法研究

朱云川

文山壮族苗族自治州检验检测认证院

DOI:10.12238/etd.v6i1.11755

[摘要] 燃油加油机计量精度关乎能源计量的公正与效益,检定过程中受设备性能、环境因素及操作行为影响,误差问题日益凸显。本文系统分析了力学计量误差的主要来源,提出数据驱动的修正方法,并探讨量值追溯的优化路径,旨在提升计量准确性和可靠性,为行业规范化发展提供实践依据。

[关键词] 燃油加油机; 计量误差; 量值追溯

中图分类号: TK229.7 **文献标识码:** A

Research on Mechanical Measurement Error Analysis and Quantity Traceability Method in Fuel Dispenser Calibration

Yunchuan Zhu

Wenshan Zhuang and Miao Autonomous Prefecture Inspection, Testing and Certification Institute

[Abstract] The measurement accuracy of fuel dispensers is related to the fairness and efficiency of energy measurement. During the calibration process, errors are increasingly prominent due to equipment performance, environmental factors, and operational behavior. This article systematically analyzes the main sources of measurement errors in mechanics, proposes data-driven correction methods, and explores optimization paths for value tracing, aiming to improve measurement accuracy and reliability, and provide practical basis for the standardized development of the industry.

[Key words] Fuel dispenser; Measurement error; Quantity traceability

燃油加油机是用来给车辆添加燃料的一种液体体积测量系统,计量检定技术是用于计算燃油加油机供应量的检定计算方法。作为燃油交易市场上最重要的燃油累计体积分量的测量工具,加油机的计量检定与燃油交易的准确性和公平性直接相关。在燃油贸易中为了确保燃油加油机的误差在国家最大允许误差范围内,有必要通过使用一种测量检定技术来对燃油加油机进行准确的计量检定,保障消费者以及商家的权益。

燃油加油机在燃油流通和使用中起着重要的作用,其主要用于为车辆加注燃油、动态计量燃油的累积体积分量并显示加油体积和付费金额,燃油加油机主要由油泵、油气分离器、流量测量变换器、控制阀、编码器、计控主板、指示装置和油枪等部件组成^[1]。随着原油价格上涨加油机计量的准确性与消费者利益、企业竞争力、行业发展等关系愈加密切。因此需要尽量减小加油机的计量误差,加强对加油机计量检定准确度的控制。

1 燃油加油机检定中力学计量误差现状与问题

1.1 检定现状分析

燃油加油机检定技术在实践中表现出较为复杂的多面性。一方面,近年来标准化流程逐步推广,各地区检定合格率显著提升;另一方面,受技术水平、操作规范及环境影响的制约,仍有

相当比例的加油机存在误差超标问题^[2]。数据显示,在某省2021年至2023年间的5000台设备检测中,约8%至12%的设备未能满足《燃油加油机检定规程》标准,尤其在高负载或低温环境下,误差偏离尤为显著。

此种情况的产生既受到设备老化使得传感器敏感度降低的影响,也与操作过程中检定人员缺乏经验、校准不恰当有关。尤其是在动态检验环境中由流速波动引起的瞬时偏差成为了一个不容忽视的挑战。环境因素如温度与湿度的变化,对检测设备及测量准则的稳定性构成潜在威胁。

1.2 力学计量误差的主要来源

燃油加油机对工作环境有严格的要求,外界环境条件的改变会直接影响着加油机计量的准确性。例如某加油机生产企业所生产的燃油加油机铭牌明确标示,该加油机的工作环境温度为-20~55℃、相对湿度≤95%。而《燃油加油机检定规程(试行)》(JG443-2023)对于燃油加油机的检定环境要求除了温湿度条件外,还规定了检定过程中环境温度变化不超过5℃,燃油加油机周围环境温度及燃油温度两者温差在10℃范围内^[3]。在实际检定过程中燃油加油机经常会受到因天气变化而导致的温度波动过大、相对湿度较高等不利环境的影响而产生计量检定误差。

燃油加油机计量误差的产生是多重因素交织的结果。设备层面,核心部件如质量流量计和体积计量装置的性能稳定性直接决定计量精度。然而,长期使用中的磨损与传感器老化使得设备逐渐失去初始的高精度表现,特别是在高频率使用的场景下,其故障率显著增加。某研究数据显示设备运行5年以上的加油机,其计量误差超标率是新设备的2.5倍。

外部环境对计量过程的影响同样不可忽视。温度变化对液体燃料体积膨胀系数的影响,往往在高寒地区或炎热季节尤为显著。大气压力和湿度波动也会对密度检测的精度产生干扰。在实验数据中气温波动超过10℃的环境下,计量误差平均提升0.3%以上。

人为操作环节的缺失进一步放大了测量误差。无论是因为检验人员经验的不足,还是由于实际操作过程中对规范程序的偏离都有可能无法控制的误差产生。例如,在评估过程中若未能对环境变量进行充分校正或忽视了管道系统内部的气泡效应,那么就可能会出现实际测量值与标准值之间的偏差。

1.3 存在的核心问题

执行燃油加油机检定体系时,遭遇众多关键性难题。现行的评估技术在动态环境中的适应性不强,特别是在流量波动较大的情况下误差校正机制往往难以发挥其应有的效果。量值溯源链条的层级复杂性导致误差在各环节中逐步累积,从而使得最终结果的稳定性受到影响。行业内部的设备更新不够及时,使得一些老旧设备难以满足高精度的需求,这样反而加剧了误差问题。

2 误差分析方法的改进与优化

2.1 误差分析模型的建立

针对燃油加油机计量误差的复杂性与多源性,建立多维度的误差分析模型是解决问题的关键切入点^[4]。误差的来源复杂且交织,既包含设备性能的固有局限性,也涉及外部环境的不可控影响,更与人为操作的偏差息息相关。因此,综合考虑这些因素,误差分析模型需要兼具理论框架的全面性与实际应用的针对性。

模型设计以多元线性回归为基础,结合力学计量原理对误差进行分类与分解,核心公式可表示为: $\Delta m = f(\Delta e, \Delta r, \Delta o, \Delta s)$ 其中, Δe 代表设备误差, Δr 为环境误差, Δo 为操作误差, Δs 为系统误差。设备误差的建模以质量流量计的非线性特性为中心,通过实验测定不同流量条件下设备响应的偏差曲线。以实验数据为例在10至50升/分钟的动态流量变化中,误差幅度从0.1%升至0.5%,而高频振动环境下设备误差可进一步增至0.7%。

环境误差的建模则重点分析温度、压力对燃油密度及体积测量的影响,基于热力学公式构建环境变量修正因子。在实际检定案例中,环境温差达到15℃时,燃油体积变化带来的误差占比可达总误差的40%以上,显示出环境变量在误差分析中的主导地位。

人为操作误差则通过引入流程标准化系数进行建模,分析不同操作习惯对误差的叠加效应。实验中发现操作不当如加油速度过快或未清除气泡,常引起0.2%至0.3%的额外误差。

2.2 数据驱动的误差修正方法

在燃料加注设备的精确度改善方面,常规的误差校正策略往往依赖于固定的参数配置和单一变量的调整,这种方法未能全面掌握复杂动态条件下误差特性的变化^[5]。通过深入探索和构建基于大量实际运行数据的模型,一种以数据为基础的误差修正策略被提出,从而为精确调整提供了既科学又灵活的途径。此种策略着重于数据驱动借助机器学习与统计分析工具,对计量误差进行精确调整和持续优化。

数据驱动的核心在于构建误差特征库。采集设备在不同流量、温度、压力等条件下的运行数据,建立多维度特征参数表。例如,在某实际检定中流量范围为10至50升/分钟的加油机,其测量误差呈现非线性增长趋势,且在高温环境下流量误差比低温环境高出30%。通过大规模数据的收集与整理,能够清晰描绘误差的分布特性,为后续建模提供基础。

应用机器学习模型对误差进行预测与修正。以支持向量机(SVM)为例该模型能够通过训练数据集提取误差特征并构建修正曲线。在一组实验中对线性回归与SVM模型的修正效果,发现SVM模型的误差修正精度提高了约40%。具体而言,当动态流量的变化率超过10%时线性回归的修正误差维持在0.15%,而SVM模型则可将误差降低至0.09%。这一结果验证了数据驱动方法在捕捉复杂误差特性方面的优越性。

数据驱动的优势还体现在实时性与动态性上。传统修正方法多以静态条件为前提,忽略了实际操作中的动态变化。而通过嵌入实时传感器与数据处理模块,可以对环境变量进行即时监测并反馈至修正模型。例如,通过传感器采集温度与压力数据,实时调整体积修正系数,将动态条件下的误差降低至静态条件的水平。某试点实验表明,应用实时数据修正技术的设备,其动态检定误差从0.2%下降至0.05%,大幅提升了检定精度。

最后,数据驱动方法的实施需注重模型的适应性与通用性。由于不同设备和环境的特性差异,修正模型需要根据具体场景进行适配。通过对比多种模型的效果,可以逐步优化参数并形成最优的修正方案。

表1 数据驱动方法对不同误差类型的修正效果比较

误差类型	传统方法误差修正后(%)	数据驱动方法误差修正后(%)	误差降低幅度
动态流量误差	0.15	0.09	40%
温度变化引起的体积误差	0.2	0.05	75%
操作行为引起的误差	0.3	0.1	66.70%

2.3 案例研究

以该地区常用的燃油加油机型号为例,对动态流量条件下的计量误差特性进行深入探讨。本次研究对10台加油机进行了实验,旨在评估其在不同流量(10至50升/分钟)和温度(-10℃至35℃)条件下的计量性能,重点考察了设备误差、环境因素以及操作行为的相互影响。

实验数据显示流量波动较大的条件下,加油机的计量误差呈现出显著增长趋势。当流量从10升/分钟上升至40升/分钟时,误差幅度从0.1%增长至0.4%;而在流量高于50升/分钟的极端条件下,误差甚至达到0.6%。这一结果表明传统的静态校准方法难以适应流量动态变化对计量的影响。

温度的影响在高寒和高温环境中尤为显著。在-10℃环境下由于燃油粘度升高,流量测量精度显著下降,误差平均为0.3%;而在35℃的高温环境中由于燃油膨胀效应,误差达到0.5%。这一现象表明环境变量对计量精度的干扰需要在模型修正中重点考虑。

实验还进一步验证了操作行为的影响。部分设备在加油管路中存在气泡未清除的现象,导致实际计量值偏低,误差幅度增加了0.2%。不同操作员对加油速度的控制差异,也对结果的稳定性造成干扰。通过案例分析可以发现设备特性、环境条件及操作行为对计量误差的共同作用需要被系统性建模。

表2 燃油加油机不同流量与温度条件下的计量误差数据

流量范围(升/分钟)	环境温度(℃)	误差范围(%)	主要误差来源
10月20日	-10	0.1-0.3	燃油粘度升高、环境变量影响
20-40	0	0.2-0.4	动态流量变化、传感器性能衰退
40-50	35	0.3-0.6	燃油膨胀效应、操作速度不均匀

3 量值追溯方法的探讨与改进

3.1 标准传递链条的优化方向

燃油加油机量值追溯过程中现行的标准传递链条层级繁多,导致误差累积与效率低下问题突出。在传统体系中量值从国家基准传递至地方计量站,再由二级机构向设备端逐步传递,各环节的标准设备状态差异以及操作误差使得最终传递精度受到影响。数据显示在某地区检定机构中,量值传递环节累计误差平均达到0.3%,占总误差的40%以上。优化传递链条的首要任务是提升标准设备的精度与稳定性,同时引入全流程自动化校准装置,减少人为干预带来的累积误差。

3.2 实时追溯与动态校准的结合

传统的静态量值追溯方法在动态条件下表现出明显的适应性不足,特别是在燃油加油机动态流量检定中,因流量瞬态变化引起的误差难以被现有方法捕捉。结合实时追溯技术,通过高精度传感器实时监测关键变量(如流量、温度、压力),并将数据传输至动态校准系统,可以有效提升追溯精度。某试点应用中实时追溯结合非线性回归校准,将动态流量误差从0.4%降低至0.1%,效果显著。这一方法不仅提升了追溯体系的可靠性,还为未来智能化量值传递奠定了基础。

4 结论

通过对燃油加油机检定中计量误差的深入分析与量值追溯方法的改进研究,可以明确当前计量领域的核心挑战在于设备性能、环境变量与操作规范的协同优化。多维误差模型的建立与数据驱动的修正方法,为精准校准提供了科学依据,而实时追溯技术的引入则大幅提升了动态条件下的校准效率。

未来的学术探索应集中于智能与数字技术的深度整合,特别是在动态调整和全流程自动化传输方面的应用。完善行业规范与推广先进设备将为量值传递系统带来新的活力。推动行业变革以创新为驱动,这不仅是技术进步的必然要求,也是履行公平计量时代职责的必要条件。

[参考文献]

- [1]高春景.加油机计量误差影响因素及提升精确性技术路线研究[J].中国质量监管,2023(11):90-91.
- [2]董智淑.加油机计量误差分析及校准策略研究[J].电脑爱好者(校园版),2022(20):268-270.
- [3]范学贤.加油机计量误差影响因素分析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(10):237-239.
- [4]李新东.燃油加油机计量误差减小措施探析[J].探索科学,2020(11):184-185.
- [5]何顺鸿.环境温度对加油机计量误差的影响[J].中国科技纵横,2020(2):60-61.

作者简介:

朱云川(1980--),男,汉族,云南省文山壮族苗族自治州文山市人,本科,研究方向:计量。