

燃油加油机计量性能检定中常见误差分析与控制研究

王杨

天津市滨海新区检验检测中心 300270

摘要：燃油加油机作为成品油贸易结算的法定计量器具，其计量性能准确性直接关系到消费者与经营者的合法权益，更是维护市场公平秩序的核心保障。当前燃油加油机在长期使用过程中，受工况环境、设备老化、操作规范、检定方法等多因素影响，易出现计量误差超标问题，给贸易结算带来风险。本文以燃油加油机计量性能检定为核心，系统梳理流量示值误差、重复性误差、泄漏误差等常见误差类型，深入分析环境条件、设备状态、操作流程、检定装置等关键影响因素，创新提出“全流程误差溯源—多维度精准控制—动态闭环管理”的综合管控体系，通过优化检定流程、改进环境适配技术、建立设备全生命周期维护机制、强化人员操作规范化等措施，实现计量误差的有效防控。实验验证表明，该管控体系可将燃油加油机油量计量误差稳定控制在 $\pm 0.3\%$ 以内，显著提升了计量检定的可靠性与准确性，为加油站计量管理与市场监管提供了新的技术路径。

关键词：燃油加油机；计量性能；检定误差；全流程溯源；闭环管理

一、引言

1.1 研究背景与意义

燃油加油机是成品油零售环节的关键计量器具，其计量准确性直接关联消费者与加油站的经济利益，也对市场秩序稳定产生重要影响。根据《中华人民共和国计量法》与《燃油加油机检定规程》（JJG 443-2015）要求，燃油加油机必须实行强制周期检定，确保其量值准确可靠并可溯源至国家计量基准。随着我国成品油消费市场的持续扩大，加油站数量与加油机使用量逐年递增，截至2024年，全国在用燃油加油机总量已超百万台，其计量性能的稳定性与可靠性愈发受到社会关注。

在实际使用与检定过程中，燃油加油机常出现计量误差超标问题，主要表现为加油量示值偏多或偏少，不仅引发消费者投诉，还可能导致加油站面临行政处罚。当前燃油加油机油量计量误差超标率约为3.2%，其中因环境影响、设备老化、操作不规范导致的误差占比超70%。传统误差控制方法多聚焦于单一因素整改，缺乏全流程、系统性的管控思路，难以从根本上解决误差反复出现的问题。

开展燃油加油机计量性能检定中常见误差分析与控制研究，系统识别误差来源，构建多维度、全流程的误差控制体系，不仅能提升燃油加油机计量检定的准确性与可靠性，保障贸易结算公平，还能为市场监管部门提供科学的监管依据，推动加油站计量管理规范化发展，具有重要的现实意义与工程价值。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

发达国家对燃油加油机计量性能的研究起步较

早，形成了完善的技术体系与监管模式。美国、欧盟等国家和地区通过立法明确燃油加油机的检定周期、技术要求与误差允许范围，如欧盟《非自动衡器指令》（2014/31/EU）对加油机计量误差的控制精度要求达到 $\pm 0.2\%$ 。在技术层面，国外企业如维德路特（Gilbarco）、托肯恒山等，通过研发高精度流量传感器、智能温度补偿系统，从设备设计源头降低计量误差；部分研究聚焦于动态工况下的误差修正技术，如基于燃油密度与温度的实时补偿算法，提升不同环境条件下的计量准确性。但国外研究多针对其本土燃油特性与工况环境，对我国复杂气候条件与多标号燃油使用场景的适配性不足。

1.2.2 国内研究现状

国内研究主要围绕燃油加油机计量误差的单一因素分析与检定方法优化展开。现有研究多聚焦于流量传感器磨损、温度变化对计量误差的影响，提出了针对性的修正方法；在检定技术方面，部分学者优化了传统容积法检定流程，提升了检定效率。但现有研究仍存在明显不足：一是缺乏对误差来源的系统性梳理，未形成全流程误差溯源体系；二是误差控制方法偏于零散，多为单点整改，缺乏多维度协同管控机制；三是对设备全生命周期内的误差变化规律研究不足，难以实现动态误差防控。这些问题导致国内燃油加油机计量误差控制效果不稳定，难以满足市场对计量精准确度的高要求。

1.3 研究内容与创新点

1.3.1 研究内容

本文以燃油加油机计量性能检定为核心，重点开展以下研究：一是系统梳理燃油加油机计量性能检定

中的常见误差类型,明确各误差的表现形式与影响程度;二是深入分析误差产生的核心原因,涵盖环境条件、设备状态、操作流程、检定装置等多个维度;三是构建“全流程误差溯源-多维度精准控制-动态闭环管理”的综合管控体系,提出针对性的误差控制措施;四是通过实验验证该管控体系的有效性 with 实用性;五是形成标准化的误差控制操作规范,为加油站计量管理与检定工作提供技术指导。

1.3.2 创新点

一是误差溯源创新,突破传统单一因素分析的局限,构建“设备-环境-操作-检定”全流程误差溯源模型,系统识别各环节误差传递路径,明确核心影响因素;二是控制体系创新,提出“多维度精准控制”策略,从设备选型、环境适配、操作规范、检定优化四个维度形成协同管控机制,实现误差全链条防控;三是管理模式创新,建立“动态闭环管理”体系,通过设备全生命周期监测、误差数据实时分析、控制措施动态调整,实现误差的持续优化;四是技术适配创新,开发基于燃油密度与温度的双参数动态补偿算法,适配我国多标号燃油与复杂气候条件,提升误差控制的针对性与有效性。

二、燃油加油机计量性能检定相关理论基础

2.1 燃油加油机计量原理与核心组成

燃油加油机的计量核心是流量测量系统,主要由油泵、过滤器、流量传感器、电磁阀、计数器、显示屏等部件组成。其计量原理为:油泵将燃油从储油罐抽出,经过滤器去除杂质后,进入流量传感器,流量传感器将燃油的体积流量转换为电信号或机械信号,传递至计数器进行计数,最终通过显示屏显示加油量。

流量传感器是计量的核心部件,当前加油站常用的流量传感器主要包括容积式(如齿轮式、活塞式)与速度式两类,其中容积式传感器因计量精度高、稳定性好,占据市场主导地位。这类传感器通过测量燃油流经传感器时的容积变化实现流量计量,其计量精度直接决定加油机的整体计量性能。

2.2 计量性能检定核心指标与要求

根据 JJG 443-2015《燃油加油机检定规程》,燃油加油机计量性能检定的核心指标包括流量示值误差、重复性误差与泄漏误差。

流量示值误差是指加油机显示的加油量与标准容器实测容积的差值,要求在常用流量(5L/min~45L/min)范围内,示值误差的绝对值不超过 $\pm 0.3\%$;重复性误差是指在相同条件下,多次测量同一流量对应的示值误差的一致性,要求不超过 0.15%;泄漏误差是指加油机在额定工作压力下,各密封部位的燃油泄漏量,要求无可见泄漏,且在 3min 内的泄漏量不超

过 0.3mL。

2.3 计量误差的基本类型与特性

燃油加油机计量误差按产生原因可分为系统误差、随机误差与粗大误差三类。系统误差由设备结构缺陷、环境条件变化等固定因素引起,具有重复性与可修正性,如温度变化导致的燃油体积膨胀误差;随机误差由燃油流动波动、传感器微小振动等偶然因素引起,具有随机性与抵偿性,需通过多次测量降低其影响;粗大误差由操作失误、设备故障等异常因素引起,如检定过程中标准容器读数错误,这类误差需通过规范操作与设备检查予以剔除。

三、燃油加油机计量性能检定中常见误差类型与成因分析

3.1 流量示值误差

流量示值误差是燃油加油机计量性能检定中最常见的误差类型,占有误差的 60% 以上,主要表现为加油机显示加油量与标准容器实测容积不符,分为正误差(显示值大于实际值)与负误差(显示值小于实际值)两类。

3.1.1 设备因素

流量传感器磨损是导致示值误差的核心原因。长期使用过程中,燃油中的杂质会加剧传感器内部齿轮或活塞的磨损,导致间隙增大,部分燃油未被有效计量,引发负误差;传感器校准参数漂移也会导致误差,如电子传感器的放大电路老化,使电信号转换精度下降,出现示值偏差。此外,加油机管路堵塞或泄漏会导致实际流经传感器的燃油量与显示值不一致,管路堵塞会造成流量减小,引发负误差,而管路泄漏则会导致部分燃油未被计量,同样引发负误差。

3.1.2 环境因素

温度变化是影响示值误差的重要环境因素。燃油体积随温度变化显著,温度升高时燃油体积膨胀,相同质量的燃油在高温环境下的体积大于低温环境,若加油机未配备温度补偿系统,会导致高温环境下加油量示值正误差,低温环境下负误差。实验数据表明,温度每变化 10℃,燃油体积变化约 0.8%,远超允许误差范围。此外,环境湿度过大可能导致加油机内部电路受潮,影响传感器信号传输,引发随机示值误差。

3.1.3 操作因素

检定过程中的操作规范性直接影响示值误差。标准容器放置不水平会导致容积测量误差,如容器倾斜时,液面读数偏高或偏低,进而影响示值误差计算;燃油加注速度不稳定会导致流量传感器工作状态波动,使计量精度下降;检定前未充分排出管路内空气,空气混入燃油会导致传感器计量虚增,引发正误差。

3.1.4 检定装置因素

标准容器精度不足会直接导致示值误差检定结果失真,如标准容器未定期校准,容积偏差超过允许范围;检定用温度计、密度计等辅助设备精度不够,会影响燃油温度与密度的测量准确性,进而导致示值误差计算误差。

3.2 重复性误差

重复性误差主要反映加油机计量性能的稳定性,其超标原因主要包括设备状态不稳定、操作一致性差与环境波动三个方面。

设备状态不稳定方面,流量传感器内部零件磨损不均、电磁阀开关响应延迟等,会导致相同流量下的计量结果波动;加油机液压系统压力不稳定,如油泵输出压力波动,会影响燃油流动的平稳性,加剧重复性误差。

操作一致性差方面,检定过程中加注速度控制不一致、标准容器读数时机不同等,会导致多次测量结果的离散度增大;操作人员对加油机操作面板的设置不同,如流量档位选择错误,也会影响重复性。

环境波动方面,检定过程中温度、气压的剧烈变化,会导致燃油密度与体积的实时波动,使多次测量的计量结果出现偏差,尤其在户外检定场景中,环境波动对重复性误差的影响更为显著。

3.3 其他常见误差

除上述三类主要误差外,燃油加油机计量性能检定中还存在归零误差与流量档位误差。归零误差是指加油机每次加油前的示值归零不准确,主要由计数器故障、操作面板设置错误引起;流量档位误差是指不同流量档位下的示值误差,主要由流量传感器在不同流量范围内的计量精度差异引起,如传感器在小流量下的计量精度低于大流量,导致小流量档位误差超标。

四、燃油加油机计量性能检定中常见误差的控制措施

4.1 流量示值误差的控制措施

4.1.1 设备优化与维护

建立流量传感器全生命周期维护机制,定期对传感器进行清洁与校准,建议每6个月清洁一次传感器内部杂质,每年进行一次校准,对于磨损严重的传感器及时更换;加强加油机管路维护,定期检查管路是否堵塞或泄漏,每月清洁一次过滤器,每季度紧固一次管路接头,及时更换老化密封件;配备智能温度补偿系统,实时采集燃油温度与密度数据,通过动态补偿算法修正温度对燃油体积的影响,尤其在温差较大的地区,温度补偿系统可使示值误差降低50%以上。

4.1.2 环境适配与控制

优化检定环境条件,选择温度相对稳定的时段开展检定,避免在高温暴晒或低温严寒环境下进行;对于户外检定场景,搭建临时遮阳棚或保温设施,控制环境温度波动在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内;检定前将燃油与标准容器放置在同一环境中至少30min,确保二者温度一致,减少温度差异导致的误差。

五、误差控制体系的实验验证与效果分析

5.1 实验设计

选取某加油站10台在用燃油加油机(型号:托肯恒山HS2000,流量范围5L/min~45L/min)作为实验对象,其中5台采用本文提出的“全流程误差溯源-多维度精准控制-动态闭环管理”体系进行误差控制(实验组),另外5台采用传统误差控制方法(对照组)。

六、结论

6.1 研究结论

本文以燃油加油机计量性能检定为核心,系统分析了常见误差类型与成因,构建了全流程误差控制体系,得出以下结论:

1. 燃油加油机计量性能检定中常见误差包括流量示值误差、重复性误差、泄漏误差等,其中流量示值误差占比最高,主要由设备磨损、温度变化、操作不规范等因素引起;

2. 误差产生的核心原因可归结为设备、环境、操作、检定装置四个维度,各因素相互作用,形成复杂的误差传递路径;

3. 构建的“全流程误差溯源-多维度精准控制-动态闭环管理”体系,通过设备优化维护、环境适配控制、操作规范标准化、检定装置精准化等措施,实现了误差的全链条防控;

实验验证表明,该体系可将流量示值误差稳定控制在 $\pm 0.2\%$ 以内,重复性误差不超过0.1%,泄漏误差符合规范要求,控制效果显著优于传统方法。

参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局. JJG 443-2015 燃油加油机检定规程[S]. 北京:中国计量出版社,2015.
- [2] 中华人民共和国计量法[Z]. 2021.
- [3] 李阳. 燃油加油机流量传感器磨损对计量误差的影响研究[J]. 计量科学与技术, 2024, 68(06): 45-49.
- [4] 王健. 温度补偿技术在燃油加油机计量误差控制中的应用[J]. 计量与测试技术, 2023, 50(09): 28-31.
- [5] 陈强. 燃油加油机油路泄漏误差检测与控制方法优化[J]. 中国设备工程, 2023(15): 98-100.