

航油管道油品计量误差原因分析

卫彦超 (中航油石化管道有限公司, 北京 101300)

摘要: J-Y 航油管道正式运行后, 多次出现首站流量计计量数值与机场油库收油后大罐检尺数值存在偏差的情况, 由此产生贸易纠纷。为解决该问题, 本文对可能导致计量误差产生的因素进行了逐一分析和排查^[1], 最终确定计量误差为空气浮力影响所致^[2], 并在此基础上对空气浮力影响进行了修正调整, 成功解决了油品计量交接纠纷。

关键词: 航油管道; 质量流量计; 计量误差; 空气浮力修正

中图分类号: TE832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 035-0114-03

Analysis of Factors Leading to Oil Metering Errors in Aviation Fuel Pipelines

Wei Yancao (China National Aviation Fuel Petrochemical Pipeline Co., Ltd., Beijing 101300, China)

Abstract: After the oil commissioning of J-Y Aviation Fuel Pipeline, discrepancies have repeatedly occurred between the metering values of mass flowmeter at the initial station and the tank gauging values of the airport oil depot after oil receipt, leading to trade disputes. To address this issue, this paper conducted a comprehensive analysis and investigation of the potential factors leading to the metering error^[1] and it was determined that the error was caused by the influence of air buoyancy ultimately^[2]. Based on this finding, corrections and adjustments were made to mitigate the impact of air buoyancy, successfully resolving the trade disputes.

Keywords: Aviation Fuel Pipeline; Mass Flowmeter; Metering Error; Air Buoyancy Correction

J-Y 航油管道作为连接炼厂与机场的关键能源输送通道, 采用间歇输送的运营模式为机场提供航空燃油保障服务。为明确贸易交接标准、规范各方权责, 保障供油方炼厂、承运方管道运营单位及收油方机场油库三方的合法权益, 经过技术论证及商务谈判, 最终三方达成一致并签订正式合同。合同中明确界定了贸易交接的核心计量依据, 即采用管道首站 (炼厂侧) 的流量计作为唯一的贸易交接计量设备, 同时严格约定了航油在管道运输全过程中的损耗控制标准——运输损耗率不得超过 2‰, 该标准既符合行业通行规范, 也综合考量了管道长度、输送工艺及环境条件等实际因素。

然而, 在 J-Y 航油管道完成前期调试并正式投入

投油运行后, 实际运营过程中却多次出现计量数据偏差超标的问题, 具体表现为: 首站流量计计量数值与机场油库收油后大罐检尺数值超过 2‰ 偏差, 由此导致油品计量及后续的管输费确认等工作无法顺利开展。

基于此, 本文针对 J-Y 航油管道油品计量误差产生的核心原因展开系统性分析, 从工艺设备状态、计量设备精度、环境因素干扰等多个维度排查症结, 进而提出具备针对性和可操作性的解决方案, 经过实践验证后最终有效化解了计量纠纷, 保障了管道运营的连续性和稳定性。

1 管输油品计量误差情况说明

此处选取管道正式运行后 1 个月内 10 个批次的管输油品进行说明, 具体情况见下表 1。

表 1 管输油品计量表

序号	首站流量计 (t)	机场油库罐收量 (t)	差率 (%)
1	4349.905	4341.977	-1.82
2	2227.599	2221.723	-2.64
3	3502.219	3501.099	-0.32
4	2573.08	2565.003	-3.14
5	4517.789	4503.764	-3.10
6	1400.123	1397.568	-1.82
7	3399.812	3391.811	-2.35
8	4000.604	3999.345	-0.31
9	4999.701	4988.692	-2.20
10	5000.521	4988.033	-2.50
总计	35971.353	35899.015	-2.01

由表 1 可看出, 机场油库罐收量均小于首站流量计计量数值, 且 2、4、5、7、9、10 批次均超出 2‰ 的计量误差范围, 偏差超标的情况较为频繁。

2 误差原因分析及排查

通过对工艺设备状态、计量设备精度、环境因素干扰等进行多维度综合分析^[3], 认为可能导致计量误差产生的原因主要为以下几方面:

2.1 首末站阀门存在内漏

针对首末站阀门可能存在内漏的问题, 我方首先与供油方炼厂及收油方机场油库开展了专项沟通核实。炼厂相关技术人员反馈, 在管道每次停输后, 均安排专人对首站流量计读数及发油罐液位进行持续监测, 监测期间未发现两项数据出现异常波动; 机场油库工作人员同步回应, 管道停输后收油罐液位保持稳定, 无不明原因的升降变化。结合阀门内漏会导致罐体液位或流量计数值异常的基本原理, 基于双方反馈的监测数据, 初步判断可排除首末站阀门存在内漏的可能性。

为进一步确认, 我方组织现场专业运维人员在管道停输期间, 对首末站所有涉及航油输送的阀门开展逐一排查, 最终未发现任何阀门存在内漏现象, 进一步验证了初步判断的正确性。

2.2 管道存在小流量泄漏

关于管道是否存在小流量泄漏的问题, 在管道正式投入运行前 1 个月, 我方已按行业规范要求, 委托专业检测机构开展了全面的管道内检测工作。本次内检测采用高精度检测设备, 对管道进行了全方位扫描, 检测报告明确显示: 管道整体无明显几何变形, 管道内壁光滑完整, 不存在腐蚀、裂纹、凹陷等可能导致泄漏的缺陷或损伤, 据此基本可排除管道本体存在小流量泄漏的风险。

为进一步确认, 我方组织现场巡线人员在管道停输期间, 加大了对管道沿线的巡线力度。巡线人员按照既定路线分段巡查, 重点关注管道途经的复杂地段及易发生第三方破坏的区域, 仔细排查是否存在打孔盗油、第三方施工挖掘等可能造成管道泄漏的异常情况。巡线过程中, 未发现任何违规作业及泄漏痕迹, 再次确认管道无泄漏问题。

2.3 流量计本身计量不准确

经与首站贸易交接用科隆流量计厂家联系, 厂家迅速派遣技术工程师赴现场开展了针对性检查。工程师通过专业仪器对流量计安装方位、法兰连接密封性、信号传输线路等关键环节进行逐一核查, 确认安装符合技术规范要求; 同时对流量计进行调零校准测试, 数据显示调零状态正常, 无漂移现象^[4]。此外, 流量

计在正式投运前刚由具备国家法定资质的专业检测机构进行了检定, 检定合格可正常使用。综合以上现场检查结果及检定资质证明, 基本排除流量计本身存在质量或性能问题的可能性。

为进一步进行确认, 我方对首站流量计进行拆卸并送至另外一家资质齐全且独立于前次检定的专业机构进行二次检定, 检定结果依旧显示流量计合格可正常使用。但首站流量计重新进行现场安装并经流量计厂家确认无误后开展输油作业, 依旧存在流量计计量数值与机场油库收油后大罐检尺数值存在超过 2‰ 偏差的情况。

2.4 首站启输瞬间流量计背压低导致计量不准确

经与科隆流量计厂家沟通, 厂家告知流量计若需长期稳定准确计量, 背压需达到 0.3MPa 以上。为验证现场实际运行情况, 我们调取了 SCADA 系统历史运行记录, 发现管道停输期间首站流量计后背压值在 0.09MPa 左右, 该数值显著低于厂家要求的 0.3MPa 最低背压标准。结合流量计工作原理, 在管道再次启输的初始阶段, 由于系统压力尚未完全建立, 流量计会短暂出现背压不足、内部驱动部件运行不稳的情况, 从技术层面来看, 此阶段确实存在导致计量数据不准确的潜在可能性。

为进一步明确该潜在影响的实际程度, 我们对 SCADA 系统记录的压力变化数据进行了细化查询与深入分析。结果表明, 管道启输后压力上升速度较快, 在启输后的 30 s 内, 首站流量计后背压即从停输时的 0.09MPa 快速攀升至 0.49MPa, 完全满足厂家规定的 0.3MPa 以上的背压要求。针对这一压力变化规律, 我们再次与科隆流量计厂家进行技术沟通, 厂家结合流量计的设计特性及实际应用数据评估后认为: 启输初期仅 30 s 的短暂背压不足, 所对应的计量偏差数值极小, 而每批次油品的总管输时间长达 10—15 h, 相比之下, 该短暂时间的偏差对整批次计量结果的影响微乎其微, 在实际生产计量中可予以忽略。

综合以上技术沟通结论、SCADA 系统数据监测结果及偏差影响评估, 可基本排除首站启输瞬间流量计背压低对整批次油品计量准确性造成实质性影响的因素。

2.5 空气浮力影响

经与炼厂、机场油库沟通, 并查阅油品计量领域的相关国家标准、行业规范及技术文件, 发现随着近年来石油化工行业对贸易交接计量精度的要求持续提升, 空气浮力修正问题已成为影响计量结果准确性的关键环节, 更是贸易方在计量数据核对过程中易发生纠纷的重要诱因^[5]。

表2 空气浮力对油品计量造成的影响幅度

20℃下油品密度 (kg/m ³)	真空质量 (kg)	表观质量 (kg)	相对误差 (%)
600	1000	998.2	-0.18
650	1000	998.3	-0.17
700	1000	998.4	-0.16
750	1000	998.5	-0.15
800	1000	998.6	-0.14
850	1000	998.7	-0.13

表3 管输油品调整计量表

序号	首站流量计 (t)	首站流量计 (t)	机场油库罐收量 (t)	差率 (%)	差率 (%)
	调整前	调整后		调整前	调整后
1	4349.905	4343.815	4341.977	-1.82	-0.42
2	2227.599	2224.480	2221.723	-2.64	-1.24
3	3502.219	3497.316	3501.099	-0.32	1.08
4	2573.08	2569.478	2565.003	-3.14	-1.74
5	4517.789	4511.464	4503.764	-3.10	-1.71
6	1400.123	1398.163	1397.568	-1.82	-0.43
7	3399.812	3395.052	3391.811	-2.35	-0.95
8	4000.604	3995.003	3999.345	-0.31	1.09
9	4999.701	4992.701	4988.692	-2.20	-0.80
10	5000.521	4993.520	4988.033	-2.50	-1.10
合计	35971.353	35920.993	35899.015	-2.01	-0.61

在我国，如贸易双方无特别说明，通常是按表观质量进行计量交接。而在现有的计量方式中，质量流量计测得的油品质量为真空中的油品质量，因此需对空气浮力进行修正，将测得的真空中的油品质量转换为表观油品质量，以此作为交接依据。

综上所述，通过对可能导致计量误差的五方面原因进行系统性分析、数据核验及逐项排查，并结合贸易交接规则、计量设备特性及规范要求，基本确定本次管道油品计量误差的核心成因是空气浮力影响未得到正确修正所致^[5]。

3 解决措施及结果

经查阅规范 GB/T 19779《石油和液体石油产品油量计算 静态计量》，空气浮力对油品计量造成的影响幅度如下表2所示。

经与炼厂、机场油库沟通，鉴于管道所输航油密度在 800kg/m³ 左右，结合表2，在将质量流量计测得的真空油品质量转换为表观油品质量时，需乘以修正

系数：0.9986。修正后的管输油品调整计量情况如表3所示。

经对空气浮力影响进行修正调整后，首站流量计计量数值与机场油库收油后大罐检尺数值之间均未超2‰的允许偏差，满足合同约定，成功解决了油品计量交接纠纷。

参考文献：

- [1] 李文廷, 苏明, 张平伟. 国内成品油计量误差原因及对策浅析 [J]. 中国储运, 2021, (10): 205-206.
- [2] 李振, 董雷. 空气浮力修正对质量测量的影响分析 [J]. 计量与测试技术, 2017, 44(03): 99-100.
- [3] 宋启. 油品计量误差的产生原因及控制措施 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(10): 46-47.
- [4] 高飞青, 潘卫东. 影响质量流量计准确度的因素分析及处理方法 [J]. 黑龙江科技信息, 2011(18): 93.
- [5] 段怡; 赵雷. 质量流量计空气浮力的修正 [J]. 企业标准化, 2007(06): 31-32.