

民用天然气计量误差影响因素及解决措施

张添翼¹ 顾显锋¹ 姜 喆² 曹 焱¹

1. 重庆永川燃气有限责任公司 重庆 402160

2. 重庆燃气集团股份有限公司沙坪坝分公司 重庆 401121

摘 要：民用天然气计量误差受多重因素交织影响，精准计量工作面临持续挑战。本文围绕计量设备自身缺陷、环境工况波动、安装使用偏差及运维管理缺位四类影响因素展开分析，探讨了设备结构设计不精、老化损耗、温压波动、安装不规范、用户操作不当及巡检校准滞后等问题的传导路径，并从设备选型适配、安装工艺标准化、工况环境优化及运维体系完善等维度提出针对性解决措施，为民用天然气计量精度的系统提升提供技术参考。

关键词：民用天然气；计量误差；影响因素；设备选型；运维管理

引言：民用天然气计量精度直接关联用户用气成本与供气企业运营信誉，计量误差的持续存在已成为行业关注的现实课题。计量偏差的产生并非单一环节失误所致，而是设备性能衰减、环境工况波动、安装操作偏差与运维管理缺位等多重因素叠加的结果。深入剖析各类误差诱因的传导逻辑，梳理适配不同场景的解决路径，对推动民用天然气计量工作向精准化方向迈进具有实际意义。

1 计量设备自身因素及对应解决措施

1.1 设备结构缺陷影响

民用天然气计量设备的整体构造设计直接决定计量工作的精准程度。部分计量设备内部传动结构设计不够精密，内部转动组件配合间隙存在不合理偏差，气流通过设备内部时会产生不均匀阻力，改变天然气正常流通状态^[1]。腔体内部构造设计不够平整顺滑的设备，容易造成气流涡流堆积，干扰设备内部计数组件的正常运转。进气与出气端口结构设计不合理，会改变管道内部气流输送的稳定性，让设备无法精准捕捉天然气实际流通体量。结构设计层面的固有问题，会让计量设备在长期运行过程中持续产生数据偏差，逐步累积形成稳定的计量误差，难以依靠常规运维操作消除。

1.2 设备老化损耗影响

计量设备长期处于持续运行状态，内部各类精密组件会随运行时长增加出现自然损耗。设备内部齿轮、轴承、膜片等核心传动部件会出现磨损松动，部件之间的配合紧密程度逐步下降，运转流畅度大幅降低。密封构件经过长期气流冲刷与环境侵蚀，会出现密封性能弱化的情况，引发轻微气体渗漏问题。老旧设备的计数传感组件灵敏度持续下降，对低速、小幅气流的捕捉能力不断降低。各类组件的老化损耗会持续改变设备原始计量性能，破坏设备出厂时的计量基准，造成计量数据持续

偏离实际用气数值。

1.3 设备选型适配性影响

天然气计量设备的运行精度与使用场景适配程度高度相关。不同住宅户型、用户用气习惯会形成差异化的用气流量区间，固定规格的计量设备无法适配所有用气工况。大规格计量设备应用于小流量用气场景时，对微弱气流的感应能力不足，无法精准记录低流量用气数据。小规格计量设备适配大流量用气场景时，内部组件高速运转会产生超负荷损耗，引发计量数据失真。未结合实际用气工况匹配规格的计量设备，会始终处于非适配运行状态，持续产生固定规律的计量偏差。

1.4 针对性解决措施

针对设备结构带来的计量偏差，需要选用结构设计精密、内部腔体顺滑的标准化计量设备，从源头规避结构缺陷引发的气流扰动问题。定期对在用计量设备开展全面检查，针对出现磨损、松动、密封弱化的内部组件，及时开展更换维修作业，维持设备组件的完整性能与运行精度。结合用户日常用气流量区间、用气工况特点，科学匹配对应规格的计量设备，保障设备运行工况与实际用气状态相互适配^[2]。建立常态化设备筛查机制，及时替换超期服役、性能衰减的老旧设备，持续稳定计量设备的基础运行性能，减少设备自身问题引发的计量误差。

2 环境工况因素及对应解决措施

2.1 温度环境变化影响

外界环境温度的动态波动会改变天然气介质的物理状态，间接干扰计量设备的采集精度。天然气具备明显的热胀冷缩物理特性，环境温度出现升降变动时，管道内部气体密度与体积会发生对应改变。环境温度处于较低区间的时段，天然气整体体积收缩，单位空间内气体密度提升，设备计量采集的气量数值会出现小幅偏移。

环境温度持续升高的状态下,气体体积逐步膨胀,管道内部气流活跃度提升,计量设备的计数节奏会出现细微偏差。自然环境的季节性温度波动与昼夜温差变化,都会对天然气计量的稳定运行造成持续干扰。

2.2 压力波动变化影响

管网供气压力的不稳定变动是引发计量偏差的重要工况因素。城市燃气管网供气状态会随居民用气时段变化产生浮动,用气集中时段管网输送压力会出现小幅回落,用气低谷时段管网压力会逐步回升。压力数值出现变动的过程中,管道内部天然气的流动速度与压缩程度会随之改变。计量设备按照固定运行参数采集气量数据,无法自主适配动态变化的供气压力。压力频繁浮动会让气流输送状态处于不稳定状态,造成设备采集的计量数据无法匹配管道内部实际的气体流通总量。

2.3 湿度及杂质环境影响

空气湿度与管道内部残留杂质会持续干扰计量设备的运行精度。潮湿的空气环境会让少量水汽进入计量设备内部,附着于计量设备腔体与传动组件表面,增加内部构件运行阻力。水汽长期堆积会改变设备内部构件的运行状态,弱化组件感应灵敏度。管道输送过程中留存的粉尘、细微颗粒物等杂质,会随气流流动进入计量设备内部,堆积在腔体缝隙与传动结构位置。杂质持续堆积会阻碍气流正常流通,干扰设备内部计数结构的稳定运转,逐步引发持续性的计量偏差。

2.4 针对性解决措施

针对温度波动带来的计量干扰,可通过优化设备安装环境的方式弱化温度变动影响,优先选择通风恒温的安装区域,减少极端温度对气体介质的影响。针对管网压力浮动问题,可对管网输送系统进行优化调试,平缓不同用气时段的压力波动幅度,维持供气压力的平稳状态。定期对燃气管道与计量设备内部开展除尘除湿清理作业,清除堆积的杂质与残留水汽,保障设备内部构件保持洁净的运行状态。依托工况条件动态调整运维频次,根据季节环境变化适配对应的设备养护方式,弱化各类环境工况对天然气计量精度的干扰。

3 安装使用因素及对应解决措施

3.1 设备安装规范度影响

计量设备安装施工的标准化程度,深刻影响天然气计量作业的整体精度与运行稳定性。民用燃气计量设备具备专属的安装施工标准,安装倾角、水平姿态以及整体固定牢固度都会作用于设备内部构件运行状态^[3]。施工操作未遵循规范要求时,设备内部传动构件与感应部件的受力平衡会被打破。设备摆放角度出现偏移时,内部

膜片与转动结构受力分布不均,气体流通过程中的机械传动行程出现偏差,计数运转动作出现错位。设备固定不够牢固会引发整体结构松动,气体输送产生的气流冲击会带动设备产生细微震动。震动持续传导至内部精密构件,会扰乱机械传动的稳定节奏,长期累积后形成固定的计量数据偏差。

3.2 管路布设状态影响

室内燃气输送管路的布设形态,是影响气流输送平稳性、引发计量偏差的重要诱因。管路铺设过程中出现过多弯折、管径突变、管线走向杂乱等施工问题,都会增加气体输送的流通阻力。阻力数值的无序变化会打乱管道内部气流的平稳输送状态,极易形成气流紊动与局部涡流。管线过长或局部弯折角度过小的布设方式,会让部分气体滞留于管路死角,无法及时输送至计量设备完成数据采集。气流输送状态的紊乱变化会改变单位时间内的通气总量,让计量设备采集的通气数据无法匹配用户实际用气体量,持续造成计量数据出现偏移。

3.3 用户使用操作习惯影响

用户日常用气的操作行为与使用习惯,会持续影响计量设备的运行工况与采集精度。快速启闭燃气灶具的操作模式会造成管道内部气流压力骤增骤减,剧烈的气流冲击会扰动设备内部传动结构的稳定运转。灶具燃烧状态异常引发的微弱气流,流速处于计量设备灵敏阈值边缘,设备难以精准捕捉微量通气数据,造成部分用气数据缺失。部分用户随意改动室内燃气管道走向与计量设备摆放位置,会彻底改变原有管路气流输送布局与设备安装工况。非常规的用气操作与私自改造行为,会持续破坏计量系统的运行稳定性,不断放大计量数据的偏差幅度。

3.4 针对性解决措施

严格落实燃气计量设备标准化安装工艺,细化安装过程中的水平校正与固定加固工序,保障设备始终保持标准安装姿态。严控现场施工质量,杜绝不规范安装行为,从安装源头保障设备内部构件运转的平衡稳定。优化室内燃气管道布设方案,合理规划管线走向,减少不必要的弯折与管径变更,消除管路死角带来的气流滞留问题,维持气流输送的平稳状态^[4]。常态化开展燃气安全科普工作,引导用户养成平稳启闭灶具、规范使用燃气设备的良好习惯。约束用户私自改造燃气设施的行为,定期对入户管路、计量设备安装状态开展全面排查,及时整改各类不规范问题,维系计量系统稳定运行状态。安装完成后应组织专项验收检测,对设备安装角度、管路气密性及整体通气状态进行逐一核验,确保每一处安

装细节均符合计量精度要求,避免因施工遗留问题在后续运行中逐步放大为持续性计量偏差。

4 运维管理因素及对应解决措施

4.1 日常巡检养护缺失影响

常态化巡检养护工作的缺位,会逐步削弱民用天然气计量设备的运行稳定程度。民用计量设备多安装于室内墙体位置,长期暴露在空气流通较弱的入户环境中,空气中悬浮的粉尘与微小杂质会持续附着在设备外壳与内部传动构件缝隙之中。常规养护流程长期空置,各类细微污物会不断堆积积聚,逐步阻碍内部传动组件的灵活运转。设备表层与管路衔接位置积存的污垢,会缓慢改变气流流通环境,增加气体输送过程产生的运行阻力。各类细微运行隐患无法得到及时清理和处置,会在长期运行过程中持续叠加,逐步改变计量设备出厂设定的运行状态,持续诱发计量数据偏移,削弱天然气计量工作的精准程度。

4.2 设备校准维护滞后影响

计量设备校准维护工作的滞后推进,是造成计量精度下滑的重要管理诱因。燃气计量设备依靠精密机械结构与感应元件完成气量采集,持续运行过程中会出现不可避免的机械损耗与性能衰减。感应元件的灵敏程度会随运行时长逐步下降,机械传动结构的运转精度也会持续弱化。校准工作未能按照合理周期有序开展,设备运行参数无法及时修正调整,偏差问题会不断累积并固定在设备运行状态中。维护作业开展不及时,轻微磨损的构件得不到修复更换,设备运行误差会持续扩大。滞后的运维模式会让计量设备长期脱离标准运行工况,难以维持稳定统一的计量性能。

4.3 运维操作不规范影响

运维作业环节存在的不规范操作行为,会对计量设备运行状态造成持续性的不良影响。运维人员开展设备检修、管路调试、故障处置等作业内容时,操作手法不规范会直接打乱设备原有安装平衡状态,改变内部构件的咬合与配合关系。调试力度把控不当、作业动作粗放,容易造成内部精密传动结构产生细微位移,破坏设备原始计量基准。部分运维作业存在流程简化、工序删减的问题,设备检修调试不够全面细致,容易留存各类隐性运行隐患。不规范的作业行为会持续干扰设备正常运转

节奏,让气量采集数据与实际用气体量形成持续性偏差。

4.4 针对性解决措施

搭建系统化的入户计量设备巡检体系,制定贴合民用燃气设备运行特点的巡检周期,全面排查设备洁净状态、构件运行工况与管路完好情况,及时清理设备内部与表面堆积的污物杂质,保障构件运转环境洁净通畅。结合民用计量设备运行规律制定科学校准周期,定期对在用设备开展参数调校工作,修正偏移的运行参数,恢复设备标准计量性能。统一运维作业全流程操作规范,细化检修调试的各项作业细节,明确标准化作业流程与施工要求。强化运维岗位人员的作业管控与技能培养,杜绝随意简化工序、粗放作业的不良行为^[5]。持续完善整体运维管理体系,填补日常管理漏洞,减少人为作业带来的计量偏差,保障计量设备长期保持平稳可靠的运行状态。建立运维作业全程记录与偏差追溯机制,将每次巡检、校准与维修的操作内容与数据结果纳入档案管理,为后续误差分析与运维策略优化提供可靠的数据支撑,推动运维管理从经验驱动向数据驱动持续转变。

结束语

民用天然气计量误差的防控,需要从设备、环境、安装、运维四个维度协同推进。结构精密的设备选型与科学的规格匹配,能够从源头压缩误差空间;标准化安装工艺与优化的管路布设,可以消除人为施工带来的偏差隐患;环境工况的主动调控与用户用气行为的规范引导,则能弱化外部干扰对计量精度的持续侵蚀。常态化巡检校准与规范化运维作业的持续落实,是维系计量设备长期稳定运行的关键支撑。

参考文献

- [1]展茂杰.接收站天然气计量误差影响因素分析及校正策略研究[J].中国化工贸易,2025(22):106-108.
- [2]马乙云,冷军,邹伟.天然气掺氢输送对计量准确性的影响研究进展[J].石油石化节能与计量,2026,16(1):70-77.
- [3]莫佳俊.天然气贸易计量中变送器的误差分析[J].今日自动化,2024(2):128-130.
- [4]吴欢.天然气的超声流量计量系统误差影响因素分析[J].计量与测试技术,2023,50(10):73-74,79.
- [5]肖铁,汤心仪,刘杰.天然气计量误差与应对措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(14):19-21.