

# 天然气计量管理与输差准确度影响因素分析研究

杨 艳（国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司，山东 淄博 255000）

原 雯（国家管网集团东北公司大连分公司，辽宁 大连 116000）

李克明（艾默生过程控制有限公司，上海 200135）

**摘要：**天然气作为关键的能源资源，对于确保能源供给并提升能源利用效率而言，其计量管理及输差的精准度具有重要作用，影响天然气计量管理及输差准确度的因素繁多，深入探讨相关因素对优化天然气的计量管理并提高输差准确度尤为重要。本文阐述了天然气计量管理与输差准确度的基本概念，详细分析了这些影响因素，并针对如何提升计量管理和输差精度提出有效策略。

**关键词：**天然气计量管理；输差准确度；影响因素

中图分类号：TE832 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)020-0106-03

## Analysis and Study on Factors Affecting Natural Gas Measurement Management and Transmission Error Accuracy

Yang Yan (National Oil and Gas Pipeline Network Group Co., LTD, Shandong Branch, Zibo Shandong 255000, China)

Yuan Wen (National Pipeline Network Group Dongbei Company Dalian Branch, Dalian Liaoning 116000, China)

Li Keming (Emerson Process Control Co., Ltd., Shanghai 200135, China)

**Abstract:** Natural gas, as a key energy resource, plays a crucial role in ensuring energy supply and improving energy utilization efficiency. The accuracy of its metering management and transmission margin plays a role. There are many factors that affect the accuracy of natural gas metering management and transmission margin. It is particularly important to explore the relevant factors in depth to optimize the metering management of natural gas and improve the accuracy of transmission margin. This article elaborates on the basic concepts of natural gas metering management and transmission accuracy, analyzes in detail these influencing factors, and proposes effective strategies for improving metering management and transmission accuracy.

**Keywords:** natural gas metering management; Accuracy of transmission difference; influence factor

作为国内外广泛利用的清洁能源，由于其资源分布与需求之间存在地理差异，天然气的有效分配与运输至关重要。目前，管道运输是天然气分配中使用最为普遍的一种方式，此项工作一般由专业的天然气运输企业开展，工作内容主要包括天然气购买、销售及输送，其中控制输差是衡量管道企业性能的重要指标，其大小直接影响企业的生产成本与经济效益。

### 1 天然气计量管理

天然气计量的准确性直接影响能源计价，高精度的流量计及校准技术是其核心，流量计采用超声波、涡轮仪表，每种类型的仪表都需要定期对标准气体进行校验以保持测量精度，温度压力参数直接影响天然气状态方程，现代天然气计量系统配备自动温压补偿功能，借助在线气体色谱分析仪实时校正变化，同时高可靠性的数据采集与传输设备能有效减少数据丢失，提高整个系统的数据完整性，采用先进的数据管理软件能够对大量计量数据进行有效管理，确保数据的准确性。

### 2 天然气计量管理的影响因素

#### 2.1 计量设备的性能

设备测量精度是核心影响因素，超声波流量计在低流速时会出现测量精度下降问题，一般因信号强度降低造成，设备稳定性关乎设备在长期运行过程中能否维持一定的计量准确性，环境因素如温度变化、振动等均可对设备稳定性造成影响，从而影响计量结果的可靠性，设备部件磨损老化会导致测量误差增大，对于有机械运动部件的设备如涡轮流量计，磨损会直接影响其测量准确度，不恰当的校准会导致设备偏离校准曲线，从而增加误差，校准过程中使用的标准物质需达到高标准，以确保校准结果的有效性，设计需考虑具体的应用场景，这直接关系最终测量精度<sup>[1]</sup>。

#### 2.2 计量标准的执行情况

技术进步要求计量标准不断更新以适应新的计量技术，然而标准的制定更新过程通常较慢，导致实际操作中仍使用过时的标准，一些地区由于监管不足导致标准执行不到位，从而影响计量数据的准确性，操

作人员专业能力直接影响标准的正确执行，若培训不充分，即使有严格的标准也会因操作不当而未能正确执行，计量标准的复杂性也会影响其执行，一些标准在技术要求上过于复杂，超出某些企业经济承受能力，导致标准执行难度增加，易造成错误实施。

### 2.3 计量队伍的素质及管理水平

高素质的计量队伍需要具备深厚的理论知识与丰富的实践经验，能够深入理解流量计工作原理，熟练掌握计量设备操作，技术的更新换代要求计量人员定期接受新技术、新标准的培训以适应行业发展需求，计量数据的准确性关乎经济利益，更关乎行业标准的维护，因此计量人员需具备高度的责任心，有效的管理应能确保计量活动的标准化执行，定期检验计量设备，及时处理异常情况，管理层还需要有能力进行科学的人力资源配置以提高队伍工作效率，组织结构应合理设置以促进资源的有效利用，良好的内部沟通可以确保计量标准得到一致执行，从而减少计量误差。

## 3 天然气输差准确度影响因素分析

### 3.1 管道系统设计与运营

管道系统设计应充分考虑管道直径、长度、材质及布局以降低压力损失，管道直径选择直接影响天然气流速，过小的管道直径会导致较大的压力降低，而过大的直径则会增加建设成本，合理的管道布局能够降低因地形变化导致的额外压力损失，复杂地形下应尽量避免大量弯曲垂直变化，可以使用高质量且耐腐蚀的管道材质减少长期运维成本。有效的管道维护监控是保证系统高效稳定运行的基础，定期对管道进行检测维护可以及时发现并修复潜在漏点，从而减少泄漏风险，实时监控系统的运用可以实时跟踪气体流量变化，及时调整运行状态以适应气体需求变化，同时减少因设备故障导致的输差，采用先进的自动化控制系统可以提高运营响应速度，使用计算机控制系统可以对管道系统进行更为精细的管理，从而优化气体流动管理，降低输差。

### 3.2 输气流量压力变化

输气流量和压力变化对天然气输差的准确度具有决定性影响，流量和压力的任何不稳定都会导致输气效率降低，增加安全风险，从而影响天然气的准确计量，流量变化由多种因素引起，流量不稳定性会导致压力在管道系统内分布不均匀，进而影响管道中天然气的传输效率，流量过大导致部分管道段压力超标，流量过小则导致系统内部形成负压区域，增加气体泄漏风险，压力与管道内气体密度直接相关，任何压力波动都会改变气体输送状态，导致计量误差，压力过高会导致管道材料疲劳，增加爆破风险，压力过低则

影响远端用户的气体供应，环境因素如温度变化也会影响压力，温度升高导致气体膨胀，压力增高，反之则降低，使输气系统需要对流量压力进行精确监控以确保系统高效安全运行<sup>[2]</sup>。

### 3.3 气体成分及温度影响

气体成分的多样性及温度变化性是影响天然气输送准确度的关键因素，气体成分的不均匀分布会导致输送路径中不同段落的物理化学性质发生变化，而温度波动则影响天然气的流动状态，天然气成分复杂，不同成分的比例直接影响气体密度，较高比例的乙烷和丙烷会增加天然气整体密度，相较于主要由甲烷构成的天然气其输送过程中的压力损失也将有所不同，温度升高会导致天然气膨胀，密度降低，减少单位体积内的能量含量，实际输送过程中天然气温度的波动常由环境温度变化或压缩及膨胀过程中的热力学效应引起，温度变化影响天然气物理状态，还会引起内部能量分布变化，影响流量计的测量准确性。

## 4 提高天然气计量管理和输差准确度的有效策略

### 4.1 定期检测维护计量设备，确保计量设备性能

实施定期的性能校验是确保计量设备稳定运行的基础，需使用标准气体对流量计进行外部校验，确保其测量结果符合国家标准，并使用高精度的检测仪器如超声波检测设备识别流量计中存在的微小偏差，应更换可磨损部件，清洁检测窗口，防止因设备老化及环境因素导致设备性能退化，在超声波流量计中换能器位置直接影响其测量精度，应保持换能器的正确配置，随着计量技术的进步，更新流量计的固件和软件可以提升其数据处理能力，需优化设备内部算法并与系统其他部分接口整合，确保数据的准确传递，同时加强员工培训，确保操作人员能够熟练使用并维护设备，定期的技术培训可以使员工及时了解设备最新操作要求，学习维护技巧，从而早期发现设备潜在问题并采取适当措施。

### 4.2 建立健全计量标准体系，监督检查计量标准

制定全面的计量标准体系要求从国家层面综合现有技术标准形成一套适用于不同操作环境的标准体系，详细规定标准的具体内容以确保各环节操作的标准化，需建立定期和不定期检查机制，联合授权的第三方机构与内部审计团队执行，监督过程中重点检查计量设备的校准状态，操作人员的执行标准情况，数据记录的准确性，需要实施定期的审计报告，强化现场检查，并在高风险区域增加检查频率，确保所有操作均严格遵守既定标准，新引入的技术和设备应进行适时的标准更新，评估新技术并根据其适用性完善相关标准，新标准的制定应结合本国实际情况进行科学

合理设计，确保其既前瞻性又具有操作性，应定期对操作人员进行培训，学习新标准、新设备以确保每一位员工都能准确无误地执行标准，同时建立持续改进机制，收集分析操作过程中的偏差以及时优化标准体系，使计量标准体系始终保持在最佳状态适应天然气行业的发展。

#### 4.3 加强计量队伍培训管理，提高计量队伍素质及管理水平

应建立系统的培训体系确保所有计量人员都能够接受最新的技术培训，掌握必要的技术知识应对新出现的技术挑战，培训内容应具体涵盖最新的计量标准法规，确保计量人员对所有相关法律标准有全面的理解，并实施先进计量技术的教学，使计量人员充分利用这些高精度设备进行有效的数据采集分析，应为计量管理层提供专门的管理培训增强其管理能力，从而提高整个计量团队的工作效率，管理培训应注重实际操作，以便管理人员能够在日常工作中有效应用所学知识，并定期评估计量人员培训效果，识别培训中的不足，确保计量人员在各方面都能达到预定的标准，应鼓励计量人员参与专业发展，参加行业会议获得行业最新动态，拓宽视野，并与同行交流经验，从而提升个人专业能力。

#### 4.4 优化管道系统设计，合理选择输气管道材料

优化设计应基于全面的系统分析，合理的管道直径能有效控制流速，减少能耗，使用高级的流体动力学模拟软件可以在设计阶段预测优化参数，以确保管道系统在整个运营周期内的高效性，应优先考虑耐腐蚀性且机械强度的材料，使用高强度钢材可以增强管道的耐压性，并考虑可持续发展需求选择环境友好型材料，采用先进的焊接技术可以降低泄漏风险，提高系统的整体密封性能，引入自动预警系统能够实时监控管道状态，及时发现并处理潜在的泄漏问题，设计阶段还应考虑管道的可维护性，设计易于检查维护的管道段并配备必要的维护站点，简化日常维护工作，减少因维护不当引起的意外停机，从而提升管道运行效率，延长其使用寿命，管道系统设计及材料选择应遵循国家标准规范，确保系统功能性符合行业最高标准，同时与专业机构持续合作保持设计理念的持续更新，确保输气管道系统设计的适应性。

#### 4.5 加强管道运营管理，保障输气系统高效稳定运行

实时数据分析技术是确保系统运行效率的基础，应部署集成化的监控系统实时监测管道系统压力、流量等关键参数，利用先进的分析软件对其进行处理以及时发现系统运行中的异常状态，迅速采取措施进行调整，制定定期的管道检测维护计划，使用内窥镜、

超声波检测等技术有效预防管道腐蚀裂纹问题，确保所有安全阀都定期进行校准，提高系统的响应速度，降低意外事件风险，同时制定详尽的应急响应策略，定期开展应急演练确保所有操作人员熟悉应急程序，能在紧急情况下迅速有效地响应。为提升运营管理效能，采用人工智能技术分析历史运行数据，预测系统潜在故障，帮助运营团队优化维护计划提前进行干预，从而防止系统故障，应确保所有维护人员都通过认证的培训课程，学习最新的安全操作标准，以持续的专业发展提高团队操作效率。

#### 4.6 监测输气流量和压力，保持输气流量和压力稳定

为加强天然气计量管理并提升输差准确度，需要部署高精度的流量计，主要安装在输气系统的关键节点上，如输气管道出入口，重要分支，这些高技术设备能够实时监测流量和压力的变化，为系统运营提供精确的数据支持，为确保数据的准确传输与处理，应使用先进的数据采集系统将监测点的数据实时发送到中央控制室，控制室内运用专业的数据处理软件对收集到的数据进行分析处理，及时发现异常变化从而快速响应以调整流量，保持系统的稳定运行，还应实现自动化控制，安装智能调节阀门，根据实时数据自动调整管道系统内的流量和压力，减少人为操作错误，提高系统的响应速度，并定期校准监测设备保证数据准确性，应制定严格的校准计划定期对所有流量计和压力传感器进行检查校准，确保其始终在最佳工作状态，同时建立全面的数据反馈机制提高系统整体性能，深入分析历史数据可以识别出系统潜在弱点，进而采取措施优化系统设计。

### 5 结束语

综上所述，优化天然气计量管理并提升输差准确性对于高效利用天然气资源至关重要，直接提升天然气的能源效率。为此，应周期性检测维护计量设备，确保其性能达标，建立完善的计量标准体系并对其进行严格监督检查，加强计量团队的培训管理并优化管道系统设计，选择合适的输气管道材料。同时，加强对管道运营的管理，确保输气系统的高效稳定运行，并持续监测输气流量与压力，以保持其稳定性。

### 参考文献：

- [1] 王恒. 天然气计量管理与输差控制方法分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2023,43(10):50-52.
- [2] 明晓江. 天然气交接计量过程中仪表与差异管理 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2022,42(20):61-63.

### 作者简介：

杨艳（1976.12—），女，汉族，辽宁锦州人，本科，工程师，研究方向：天然气长输管道场站运行及管理。