

天然气输送中超声波流量计的安装、应用与维护

吕传品（国家石油天然气管网集团山东省分公司济宁作业区，山东 济宁 277100）

摘要：天然气在社会生活和生产中的使用非常普遍，而流量计量工作是贯穿其生产、贸易、运输、使用等整个流程的关键部分，也是结算的主要依据，其计量的精确性直接影响到贸易公平性。天然气运输管道体系复杂，管径大小各不相同，对计量器的要求较高。超声波流量计通过发送超声波信号的方式收集天然气管道内部的流量、流速相关信息，并通过时差法进行计算，配合温度、压力等参数进行修正，从而精准计量天然气的流量，适用于不同管径，测量范围广，在天然气运输中展现出显著应用效果。本文对超声波流量计在天然气输送中的应用、安装、维护与检定工作进行分析探讨，促进超声波流量计的应用与推广。

关键词：天然气输送；超声波流量计；安装维护

天然气是现代人民生活和经济发展中必需的一种重要能源，其社会需求量仍在不断增长中，对天然气进行合理的生产、调度、分配极为重要。在天然气的生产、输送、贸易活动中都需要对天然气的流量、流速进行测量和计算，从而更好地控制能源分配。目前我国的天然气输送管道体系十分复杂，其中有大量长距离输送管线，有口径大、流量大、距离远等特征，对计量仪器的性能有较高的要求，常规气体计量仪器无法满足其流量计量的需求。超声波流量计的性能明显优于传统计量器，可满足天然气输送中大管径的流量计量需求，符合天然气流量测量的标准要求，并在实际应用中取得了显著成效。

1 超声波流量计相关概述

1.1 工作原理

超声波流量计是目前比较先进的一种流量计算仪器，具有管径大、适用范围宽、测量效果好等优势，在天然气输送中呈现出优秀应用效果。该计量仪器主要由表体、超声换能器等结构以及配套的流量计算机组成，能够对天然气流量进行准确的测量、计算、转换、修正，得出准确的工况流量并显示出来，一旦计量器运行出现异常，则转换为诊断模式，发出报警信息，提醒技术人员对异常原因进行检查、维修，确保流量计量的精准性^[1]。超声波流量计的运行主要是利用时差原理。超声波流量计用于测量天然气时，通常在运输管道壁两侧成对斜向布置两个声波发送器与接收器，当测量时，两个声波发送器同时发出两组来源相同的超声脉冲波，频率超过 20000Hz，其中一个发送器位于下游，接收器位于上游，声波逆流传播时受到天然气气流的阻碍，而另一个发送器位于上游，接收器位于下游，声波顺流传播时受到天然气气流的加

速，使顺流方向和逆流方向的传输速度有一定的差异，通过计算两个接收器接收到声波的时间差来计算出运输管中天然气的流速和流量^[2]。而配套流量计算机的功能则发挥辅助计算和修正功能，通过对温度、压力等其他参数进行计算以及压缩因子计算，将测量到的流量体积进行修正，提高结果准确性。

1.2 特点

与普通的流量计量仪器相比，超声波流量计的技术更先进，性能更优秀，测量精度高，应用优势十分显著，并且仪器整体性较强，无需移动某一部件，使用和维护时更加简便，其具体特点和优势主要包括：
①可实现故障自诊断：通过观察显示界面的各项测量参数，可分析评估仪器运行情况，预测其故障风险。当使用时测量参数出现异常，计算机也能自行检测到并发出报警信号，启动故障模式，结合人工检查和维修，可维持超声流量计的良好运行性能。
②可双向测流量：超声波流量计主要是通过计算时间差的方式测量天然气流量，测量结果与时间有关，与气流方向无关，因此可以测量不同流向的天然气，无需对相关仪器进行调整或重装，在天然气储气库中具有良好应用价值，能够准确、高效地测量出进库、出库的天然气流量。
③可短期保存数据：由于配备了流量计算机，该计量仪器对于数据有更好地分析处理能力，可短时间内保存运行数据、测量数据等，提高参数的可控性，优化计量管理质量。
④计量精度高：超声波流量计利用声波顺流传播、逆流传播的时间差结合管道物理尺寸、温度、压力等参数进行流量测量和计算，不受气体传播速度高低的影响，因此结果更加精确。超声波流量计还可实现系数自检及自我修正，可对测量中的各项系数进行检测和修正，维持良好的测量精度，进一步减少误差^[3]。

2 天然气输送中超声波流量计的选型与安装

2.1 选型

超声波流量计测量范围较大,按照具体型号不同,有着不同的测量范围。一般情况下,气体流速在2.7~27m/s区间时,超声波流量计的测量精度比较理想,结果准确度高^[4]。如果气体流速超出该范围,则会对测量精度造成不同程度的影响,若气体流速过高,可能导致转换器难以检测、接收超声波信号,无法实现正常测量,增加故障风险。若气体流速过低,流量低于超声波流量计的流量拐点,就会导致测量误差增大,影响测量精度。在实际应用时,可依据天然气输送中的实际条件和气体流速进行科学选型,保证天然气输送过程中的流速变化处于仪器测量范围之内,以免超低限测量影响精度,超高限测量导致故障。除此之外,超声流量计选型时还要考虑应用场景中是否存在声波干扰问题,例如,部分消音设备通过把人耳能够接收、辨别的声音转化为人耳无法听到的超声波,实现消音效果,但如果其声波频率与超声波流量计运行时发出的超声波频率相近,则会产生干扰问题,影响天然气流量计量的准确性,甚至导致计量仪器无法正常使用。减压设备也可能成为声波干扰源,在天然气运输的实际场景中,安装超声波流量计需要对周围环境及设备进行检查,确保没有干扰源。

2.2 安装要点

在天然气输送管道上运用超声波流量计进行测量,为了保证其测量效果和精度达到行业规范要求,需要重视仪器安装的质量,掌握正确安装技巧,明确各个安装要点:

①在天然气输送管道上选择适宜的安装位置,通常安装在直管道中,应避免安装在阀门、弯头等阻力构件周围或是管道接口位置。同时要注意检测管道内部垢层厚度,并检查衬里和管道壁的紧密性,若垢层过厚、衬里贴合不紧密,也会对超声波流量计的测量精准性造成影响。因此,选定安装位置后,应对管道进行全面除锈处理,并确保衬里和内壁紧密贴合,为计量仪器的正常运行提供良好条件。若选择在垂直管道上安装超声波流量计,需要保证换能器和上游弯管的弯轴在同一平面内,从而提升测量数值稳定性。

②安装超声波流量计前应先暂停天然气运输,确保管道处于停止运行状态,以保证安装精度。传感单元设计为两路支线的形式,安装在运输管道上的适宜位置,通常在水平方向45°范围以内进行安装,可减

少受到其他因素干扰的风险^[5]。同时要注意传感单元必须和管道内外径尺寸相匹配,其尺寸参数误差应控制在1%以内,才能确保传感单元的功能得到有效发挥,减少测量误差。若尺寸误差超过1%,需要及时纠偏处理,保证安装质量。

③安装超声波流量计还要考虑天然气的成分问题,预测仪器运行时可能遇到的各种问题,提前做好预防处理措施。例如,在天然气含液量较高的情况下,运输时液体析出,管道中容易出现液体堆积的问题,对仪器的测量准确度造成影响,因此,超声波流量计应安装在相对较高的位置,防止测量区域内受到液体的干扰,提高计量精准度,降低仪器故障率。安装时要确保上游直管段超过10D(管径),下游直管段超过5D。若天然气有较多的粉尘类物质,则可能对超声波流量计的测量造成干扰,甚至产生粉尘堆积,引发故障问题。因此,在安装阶段需要考虑天然气成分,必要时在安装位置上游设置过滤器,将粉尘固体物拦截下来,为超声波流量计维持良好的运行环境,使其能够长期正常使用,降低故障检修的频率。

3 天然气输送中超声波流量计的应用与维护

3.1 应用范围

适用范围较广是超声波流量计的一个显著特点,可测量不同管径下的气体流量,测量结果准确,具有良好的应用价值。超声波流量计应用于天然气计量主要有以下场景:天然气生产场景、天然气贸易场景、高压气体计量等,使用场景不同,对于天然气计量的需求也有所差异,超声波流量计需要依据实际情况合理运用,但其运行原理基本相同。我国天然气输送具有管径大、管道长等特征,关系到能源的分配与部署,对流量计量的效率和精确性具有更高要求。在天然气输送过程中,精确测量流速、流量是控制输入量、输出量的关键,超声波流量计在其中发挥了极为重要的作用,是不可缺少的仪器。在我国著名的“西气东输”工程中就广泛应用到了超声波流量计,其管道长度达到4200km,期间的各级门站、储气库、气化站等都需要进行天然气流量检测,采用超声波流量计可获得良好效果^[6]。在城市天然气输送中,也经常应用到超声波流量计,由于城市天然气用户数量众多,位置零散,其管道结构也比较复杂,在实际应用时需要在各个关键节点加装分表,精确测量天然气流量。

3.2 误差处理

测量数据误差是超声波流量计实际应用中一个备

受关注的问题,在测量运行期间,仪器可能会受到声波、粉尘堆积等各种因素的干扰,导致其测量数据出现误差。在天然气流量计量中,有数据误差的相关标准,在标准范围内属于正常误差,无需进行特殊处理。若测量数据误差超出标准范围,则表明超声波流量计的运行出现异常,需要全面、仔细地检查仪器性能及管道内部状态,通常情况下,是因管道内部粉尘、锈迹等杂质堆积,对声波的传输造成干扰,导致计量时出现误差。为了尽可能地降低计量中出现的误差问题,技术人员要分析其具体的误差原因,找出影响因素,针对性予以消除,从而维持超声波流量计的稳定、高效运行。具体措施为:加强对天然气管道的管理维护,定期检查其内部锈蚀情况、管壁状态、垢层厚度等,发现影响计量准确度的因素需及时处理,维持良好的管道内部环境,确保能够满足超声波流量计的运行条件。天然气中夹杂的粉尘、杂质、液体等也会附着于管道和超声探头上,影响声波信号的传播,粗糙的管道内壁会让声波发生散射,导致信号丢失,对流量计量造成不利影响,因此要及时清理管道内壁附着物,保持气体运输的通畅性。

3.3 应用注意事项

在超声波流量计的具体应用中,还要关注以下注意事项:①温度和压力:天然气运输过程中,其声速和密度会随着气体温度、压力的变化而发生改变。因此,在实际应用中不可忽略对天然气温度和压力的测量和计算,以此为依据对流量计进行校准;②环境条件:应用场景的环境也在一定程度上影响着超声波流量计的运行,在实际应用中要关注流量计周围温度、湿度、粉尘、震动等情况,采取有效保护措施,同时考虑附近是否存在噪音干扰源、电磁干扰源等,包括消声设备、压力设备、电缆、电机等,合理调整相关设备和流量计的位置,为流量计的应用营造良好环境,以免超声波信号受到电磁和声波的干扰,影响信号质量;③应对操作人员进行适当的培训,使其充分了解超声波流量计的运作模式、原理、操作方法、注意事项、日常维护等方面知识,以便于更好地对流量计进行管理,准确分析评估其工作状态,保证测量数据的准确有效,延长仪器的使用寿命。

3.4 维护与检定

在天然气运输中应用超声波流量计进行计量,做好应用期间的维护与检定也非常重要,是保证仪器性能稳定、运行良好的关键,有助于降低故障风险和故

障损失。超声波流量计日常维护与诊断中需要检查的指标主要有声速核查、气体流态、电子元件情况等,从而评估仪器是否处于正常运行状态。为了维持良好的计量精度,需要依据相关规程制定的周期,定期对超声波流量计进行检定。在仪器具有自诊断系统和故障报警系统的情况下,可以每1~6年检定一次,降低成本。检定是一项对专业性要求极高的工作,应当由具有相关专业资质的单位和人员进行检定工作,包括天然气国家站及各省市分站、天然气大流量计量站等。超声波流量计的检定主要有在线检定和离线检定两种类型,其中前者检测的是在线实体流量,具有一定的条件限制,具体实施难度较高,对设备、环境要求高,但能够获得更好的检定效果。后者则是检定离线实体流量,操作难度低,限制条件少,是目前较常用的检定方式,但其结果准确性相对弱于在线检定。因此,在部分环境、设备条件较好的区域,可选用在线检定方式,获取更精准的检定结果,而条件相对落后的区域,则适宜采用离线检定。

4 结语

超声波流量计的计量性能优秀,具有安装简便、成本低、精确度高等特点,在天然气运输中得到广泛应用,获得了良好的实际效果。但在实际应用中,该流量计也容易受到多种因素干扰,包括管道内部环境、内壁情况、外界环境等,导致测量效果受影响。因此,安装、使用和后续维护中,要重视各个细节的处理,保证安装质量,并正确操作,合理维护,定期对仪器进行检定,维持流量计的良好性能。

参考文献:

- [1] 张淞. 超声波流量计在气体计量中的应用策略[J]. 石化技术,2023,30(11):20-22.
- [2] 黄帆,徐云帆. 超声波流量计在天然气检测中的应用[J]. 计量与测试技术,2023,50(07):81-83.
- [3] 郭卫涛. 超声波流量计在天然气计量中的应用探析[J]. 石化技术,2021,28(12):39-40.
- [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] 刘辉,罗怡凯. 天然气计量输差的影响因素及解决措施分析[J]. 中国石油和化工标准与质量,2023,43(22):48-50.
- [6] 张根才. 超声波流量计在天然气站场运行中计量输差分析[J]. 中国石油和化工标准与质量,2021,41(12):130-131.