

# 天然气计量与输差控制分析

赵燕鹏（山西压缩天然气集团晋东有限公司，山西 阳泉 045000）

**摘要：**随着经济社会的发展和人类对环保意识的不断提高，越来越多的居民、商业和工业企业开始使用天然气作为新能源，根据国家能源局网站公布的《中国天然气发展报告》（2024）数据显示，2023 年全年天然气消费量 3945 亿立方米，增量 282 亿立方米，同比增长 7.6%；天然气在一次能源消费总量中占比 8.5%，较上年提高 0.1 个百分点。从消费结构看，城市燃气消费同比增长 10%，占比 33%，公服商业、交通物流加快恢复，LNG 重卡销量爆发式增长，居民生活、采暖用气稳定增加；工业燃料用气较快恢复，同比增长 8%，占比 42%，主要受工业生产提速，轻工、冶炼、机械等传统行业持续向好，锂电池、光伏板等新动能成长壮大等因素影响；发电用气同比增长 7%，占比 17%，新增气电装机超过 1000 万千瓦，总装机规模达到 1.3 亿千瓦，气电顶峰保供能力显著增强，在迎峰度夏、冬季保供中发挥重要作用；化工化肥用气基本稳定，占比 8%。2023 年，全国天然气（含页岩气、煤层气）新增探明地质储量 1.2 万亿立方米。全国天然气产量 2324 亿立方米，同比增长 5.6%，增量 123 亿立方米，连续 7 年增产超百亿立方米。非常规天然气产量突破 960 亿立方米，占天然气总产量的 43%，成为增储上产重要增长极。全国主干天然气管道总里程达到 12.4 万千米。由于天然气消费量巨大，所以对天然气的实际输送量进行准确的计算是保证天然气企业经济利益的重要方式方法。天然气企业必须对天然气计量仪表和输差高度重视，进行深入分析和研究，最大程度将天然气输差控制在科学合理的范围之内，尽可能的提高天然气的利用效率。本文围绕天然气计量管理计量仪表和输差控制展开一系列的讨论。

**关键词：**天然气；计量；输差控制

## 1 常用的天然气流量计

### 1.1 涡轮流量计

涡轮流量计主要由表壳、前导流器、叶轮、支撑轴承、后导向器以及磁电传送器等组成。其工作原理是：当流体通过时，经前导流器将介质均匀分散冲击每一片叶轮，对叶轮产生驱动力推动叶轮旋转。由于叶片是用磁性材料制成，旋转时叶片将磁感应信号通过磁电传送器传送出来，该信号的周期性变化即脉冲信号的频率与流体流量在一定范围内接近正比。涡轮流量计内还配置了温度、压力传感器，采集介质的瞬时压力值和温度值，通过读数仪不仅可以测出通过介质的瞬时工况流量，还能通过微型计算机的换算测得介质的瞬时标况流量。

涡轮流量计的优点是：重复性好、范围度广、精度高（误差一般在 2% 以内）、结构紧凑、无零点漂移、抗干扰能力强等。涡轮流量计的缺点是：不能长期保持校准特性及流体物性对流量特性有较大影响。

### 1.2 超声波流量计

超声波流量计主要有一对或多对能发送和接收超声脉冲的超声波换能器、脉冲信号处理电路、单片机控制器等组成。其测量原理是：超声波流量计的表壳

就是一段直管段，超声波换能器等原件均安装在此直管段，换能器一般沿管壁安装，且直接同流体接触。超声波换能器发射的超声波脉冲穿过管道如同船只渡河。如果管道内没有介质流动，声波将以相同速度来回在—对换能器之间传播，当管道中的有介质流动时，沿介质流动方向相同的超声波脉冲将加快速度，反之，逆向传播的超声波脉冲将减慢速度。并且流过管道的介质速度越快，超声波脉冲的顺流与逆流的时间差就越大，该时间差值得大小正好与介质流速成正比，通过记录超声波脉冲在管道介质中的时间差值，就能换算成介质流量。超声波流量计同涡轮流量计相同，表壳内可配置温度、压力传感器，测量介质工况流量的同时换算测得其标况流量。

超声波流量计的优点是：量程比宽、重复性强、精度高（误差一般在 1% 以内）、具备自检功能、易实现数据远传、稳定性好、维修率低，不存在可动部件；超声流量计属于无阻碍流量计，无压力损失量，不会对流动形成阻碍；安装方便、简单，适用不同管径，尤其在测量大口径流量方面具有十分突出的优势。超声波流量计的缺点是：超声波流量计容易受噪声的影响，对管道的直管段有一定要求。

### 1.3 罗茨流量计

罗茨流量计属于容积式流量计，由两个 8 字形转子和一个坚固的流量检测室组成，随着气体的通过，仪表入口和出口间产生的差压作用在由高精密同步轮联结在一起的一对腰轮上，从而驱动腰轮轮流旋转。在这期间，腰轮与壳体内壁形成的计量腔周期地充气和排气，腰轮的转数与通过仪表的气体体积量成正比。腰轮的旋转经由多级齿轮系减速，然后经磁性耦合传送到计数器，累计流过的气体总量。

罗茨流量计的优点是：仪表精度高，量程范围度宽；仪表不受管道内流场畸变的影响，无需配置长的直管段。特别适合在撬装装置中安装。罗茨流量计缺点是：罗茨流量计要靠流体能量推动测量元件，因此带来相对高的压力损失，低压下压力损失为 200 ~ 500kPa；对介质赃污较敏感，上游需要安装过滤器。

## 2 造成天然气输差的主要原因

### 2.1 流量计的原因

#### 2.1.1 流量计的设计和选型

流量计的设计和选型一般依据用户提供的实际用气负荷、所需压力、高峰低谷用气量等参数，一旦用户提供的参数不准确或者私自变更用气设备，致使运行状况与预期出入太大，都会导致流量计选型上的偏差。如果流量计与实际用气状况不匹配，会有两种情况发生，一是“大秤称小物”，用气量达不到计量的始动流量，小流量计量流失；二是“小秤称大物”，用气量超过计量器具的最大流量，不仅影响准确计量，而且缩短流量计的使用寿命。

#### 2.1.2 流量计的精度

流量计精度是指流量计测量结果的准确程度，通常用精度等级表示。精度等级是指在一定流量范围内，流量计的测量结果与实际流量之间的最大允许误差，精度等级越低，测量结果的准确度越高。流量计的精度受多种因素的影响，包括设计原理、结果特点、环境条件、流体特性等。在流量计使用过程中由于气候、气质、维护、保养等多方面原因，也会对流量计的精度造成影响，流量计一般使用一定年限后精度会下降，从而加大计量误差。

#### 2.1.3 温度和压力

天然气体积计量的标准状态为 20℃、101.325kPa（一个标准大气压），一些不带温度、压力补偿或者温度传感器和压力传感器不准确的流量计，当气温下降、压力增大时，就会造成计量偏小，所以冬季输差特别突出就是这个原因。

#### 2.1.4 流量计的安装

流量计的安装也会影响流量计的计量精度，一般要求流量计上游、下游分别有管径 10 倍和 5 倍以上的直管段，以确保被测介质的流态满足仪表精度要求。如果安装地点不能满足表前直管段的要求，可以考虑安装整流器。另外，流量计应尽量安装在远离强电磁干扰源，如大型电机、变压器等周围，防止电磁干扰影响测量信号。

### 2.2 管网损坏及施工作业的原因

近年来由于经济社会的高速发展，各种施工活动层出不穷，例如自来水管工程、污水管道工程、河道整治工程等等，在各种工程施工作业过程中难免与燃气管道存在交叉作业，如果因管道上方标志桩缺失致使管线走向不明确或者施工单位不按照相关的施工作业程序进行野蛮施工，极易因第三方施工造成管道破坏引起泄漏，造成燃气损失；另外，在燃气发展过程中，随着新用户的接入，天然气公司在管线作业碰口过程中，对作业管段的天然气进行的放空作业均会对输差造成影响。

### 2.3 经营管理的原因

因管网老化、锈蚀破损，引发的轻微泄漏；计量设备故障或者未定期进行维护保养和检定，计量仪表缺电后不计量未被及时发现；对带有温度、压力修正仪的计量仪表不做好机械表读数、修正前、修正后三个数据的比对，容易造成输差损失不能被及时发现、纠正；对用户检查不到位，未及时发现偷盗气现象；员工不负责任，因移交、换表、过户等一些特殊原因的需要，某些工作人员拥有一定调节气量、修改数据的权利，少数责任心不强的人员滥用职权，甚至以权谋私，给企业带来经济损失。

## 3 降低天然气输差的措施

### 3.1 正确选用流量计

根据涡轮流量计、超声波流量计、罗茨流量计的计量原理及其特点，一般情况下在高压、大口径、输气量大的管道上，优先选用超声波流量计，由于超声波流量计精度高，可以最大限度地降低天然气的输差；在用气时间相对固定、用气量较大且用气量变化范围相对较小的锅炉、工业窑炉等工业用户上，优先选用涡轮流量计，因为其价格较超声波流量计便宜，且在一定流量范围内计量精度高，可以有效地降低天然气的输差；对用气时间不集中、用气量较工业用户小且高于普通民用户的商业用气、用气量波动范围大、安装时前后难以满足前后直管段要求时，可以优先选用



罗茨流量计,其始动流量小,前后无需直管段,计量精度不受压力和流量变化的影响,性能稳定、寿命长。

始动流量的确定:在流量计选型时,可能会出现几种规格流量计的量程范围均能满足设备组的较大、较小流量,此时需要特别注意流量计的始动流量值,应选择始动流量更小的流量计,这样能更准确的计量,从而降低燃气漏记的可能性。

最佳计量范围的确定:用气设备的较大流量宜选在流量计较大流量的 0.6~0.8 倍之间,这样可避免用气设备在故障或特殊情况时用气量的瞬时增加,从而避免损坏流量计。除此之外,在流量较小或者流量过大时会造成燃气表的计量精度下降,所以一般应使流量计的主要运行时间选定在  $0.2Q_{\max} \sim 0.8Q_{\max}$  之间,应避免长期处于  $0.2Q_{\max}$  以下或  $0.8Q_{\max}$  以上运行。

### 3.2 加强管道上方第三方施工作业的管理,合理安排管道施工碰口作业

做好管道上方第三方施工作业管理,防止第三方施工破坏天然气管道首先要定期组织人员在管道沿线进行管道保护宣传;管理部门要定期对管道沿线标志桩、警示牌的完好情况进行检查统计,对于损坏、丢失的及时进行增补;调控中心值班人员不得脱离岗位,发现压力、流量等运行数据异常必须及时分析原因并上报;安排专职巡线人员每日对线路进行巡检,与管道沿线各村庄、乡镇、企业、驻地派出所建立联系,形成联动机制,快速处置突发情况。

如果发现管道上方存在第三方施工的,要立即进行制止,明确向对方指出天然气管道位置,并说明天然气管道破坏的危险性,并第一时间向第三方施工单位下达《天然气管道周边第三方施工安全告知书》。必须在制定《管道专项保护施工方案》并在双方专职安全管理人员的监督下方可进行施工,防止第三方施工对天然气管道造成破坏引发天然气泄漏,导致输差增大。

对于因发展新用户需要对天然气管道进行计划性的停气、放空、置换的天然气管道,要事先制定详细的施工作业方案,在保证安全的情况下,尽量减少天然气的放空量。

### 3.3 加强经营管理

对于运行年限满 20 年的钢质天然气管道、聚乙烯(PE)天然气管道,运行年限不足 20 年但存在安全隐患的钢质天然气管道、聚乙烯(PE)天然气管道进行评估,对评估中发现的问题隐患要定措施、定期限、定责任人限期进行整改,防止管道老化引发天然

气泄漏,影响管道运行安全,加大管网输差。

定期对计量设备进行注油、清洗等维护保养;定期对计量设备进行检定,检定过程中不仅要对其基表进行检定,而且要带有温度、压力修正仪的计量仪表做好机械表读数、修正前、修正后三个数据的比对,必要时,还需要对压力变送器和温度变送器进行检定,否则容易造成输差损失不能被及时发现和纠正。

加强对燃气用户的监督检查,燃气用户初次安装燃气设施后,一定要留有燃气设施的初装照片,在后续检查过程中,如果发现燃气用户私自改动燃气管道,一定要仔细核查燃气管道的走向,认真分析判断用户是否存在表前私接燃气管道的行为,便于及时发现偷盗气现象。

加强内部管理,成立专门的计量管理部门或者设置专职计量管理员,将调节气量、修改数据的权利只赋予专职计量管理员。在调节气量、用户换表、用户过户等过程中,专职计量管理员要认真核实用户姓名、表号、剩余气量等信息,公司要加强对专职计量员的检查考核力度,对监督检查过程中发现专职计量员存在渎职行为的要给予批评和警告,对发现滥用职权、甚至以权谋私给企业带来经济损失的要给予严肃处理直至移送司法机关。

## 4 结束语

本文对天然气计量与输差进行了简要的分析和描述。从实际的角度来讲,天然气的输送工作是从生产到使用当中极为重要的环节,同时也会对天然气企业的经济效益产生至关重要的影响。从目前的情况来看,我国天然气输送过程当中输差的控制仍然不容忽视。从实际的角度来讲,天然气的输送会受到诸多因素的影响,从而使得输差测量的准确度有所下降,如此一来,势必会对天然气运输的稳定性造成破坏。伴随着我国经济实力和科学技术水平的不断发展和进步,使得社会各界对于天然气的需求量日益增多,同时对于天然气输送的稳定性提出了更高的要求。天然气企业应该采取适当的措施,对计量仪表和输差进行有效的控制,维护天然气企业的切实利益,助力天然气事业的高质量发展。

### 参考文献:

- [1] 裴志刚.天然气计量管理计量仪表与输差控制分析[J].山东工业技术,2018(23):73-74.
- [2] 胡浩.天然气计量管理计量仪表与输差控制浅述[J].化工管理,2018(15):19-20.