

# 浅谈建设天然气能量计量系统

梁盛游<sup>1</sup>, 程 勇<sup>2</sup>

1. 深圳市燃气集团股份有限公司; 2. 安徽瑞盛能源科技有限公司

**摘 要:** 气源多样性已成为我国天然气发展的必要趋势, 单一气源长期使用的局面, 已发生了不可逆转的改变。传统的体积计量方式已不能适应目前多种气源的现实, 亟待更准确和更公平的计量方式的应用。天然气能量计量是国际上已经成熟的计量方式, 值得我们借鉴。建立天然气能量计量系统, 可以实现天然气的能量计量, 提高天然气贸易计量的准确性和公平性, 维护贸易双方的经济利益。展望未来, 在天然气贸易交接计量中采用能量计量方式是必然的发展趋势。

**关 键 词:** 天然气; 能量计量; 计量方式

## 1 引言

随着我国经济快速发展及体制改革的不断推进, 国内天然气市场飞速发展, 气源多样性已成为我国天然气发展的必要趋势。目前, 随着土库曼、哈萨克、俄罗斯、缅甸、LNG船、海洋新气田、煤层气、煤制

气、页岩气等越来越多新气源的引进和新气田的不断开发, 混合气越来越多地进入寻常百姓家。传统单一气源长期使用的局面, 已发生了不可逆转的改变。因而, 传统的体积计量方式已不能适应目前多种气源并存的现实, 亟待更准确和更公平的计量方式的应用。

果进行评价及可行性论证, 建议复杂空间燃气管道巡检需求下最优的无人巡检技术方案为无人机+履带式机器人联合巡检模式。在后续研究中, 通过本文的实验性结论指导优化开发可应用于复杂空间燃气管道巡检工作场景下的辅助无人巡检系统, 最终实现提升巡检覆盖率和巡检效率, 降低人力和物力成本, 达到降本增效的效果。

### 参考文献

[1] 庞猛. 基于机器视觉的深立井井筒巡检系统研究

[D]. 安徽理工大学, 2023.DOI:10.26918/d.cnki.ghngc.2023.000223.

[2] 袁晓博, 张云, 康纪黎, 等. 无人机智能巡检在新能源场站的应用[J]. 水电站机电技术, 2024, 47(06): 59-61.DOI:10.13599/j.cnki.11-5130.2024.06.018.

[3] 刘保健. 不确定环境下无人机与无人车双层路径规划算法研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2022.DOI:10.27061/d.cnki.ghgdu.2022.003525.

[4] 陈博琛. 基于队形重构的无人机自主防碰撞系统研究[D]. 浙江理工大学, 2021.DOI:10.27786/d.cnki.gzjlg.2021.000052.

## 2 传统计量方式的局限性

从科学合理计量角度出发，由于气质条件变化，传统的体积计量方式已不能适应目前综合气源的现实。从公平公正角度出发，气质条件变化导致天然气热值发生了较大变化，支付同样体积天然气的费用，得到的能量却不同，传统采用体积计量开展贸易交接的方式显得不公平合理。因此，计量改革应与时俱进，计量理念应步入新的里程碑，能量计量在我国的推行应进入实践性阶段。

## 3 国际天然气计量方式的发展现状

目前，国际上天然气计量方式有体积计量、质量计量和能量计量3类。随着天然气工业的发展，商品天然气的计量准确度问题，已成为天然气供需双方都非常重视的焦点问题之一。能量计量方式的研究对象是天然气的气质品质和量值，相比体积计量或质量计量而言，能量计量更能合理地反映出天然气的价值、更能合理地兼顾和维护天然气消费者与生产者双方的利益。

近年来，计量器具的配套、稳定、精度等综合性能评价中，评价标准和规则都已经发生了质的飞跃，各天然气生产、消费国对此都进行了较为深入的研究。目前美国、法国、加拿大、德国、荷兰等北美、西欧地区国家以及日本在天然气贸易交接计量中，均普遍采用了能量计量技术，且已经具有比较完善的方法、标准、规程和配套设施。例如：欧洲标准化组织发布了EN1776“气体供应系统-天然气计量站-功能性的要求”，国际标准化组织天然气技术委员会ISO/TC193起草了国际标准草案ISO 15112“天然气能量计量”。

## 4 中国天然气能量计量的政策背景

作为WTO成员国，为尽快实现天然气贸易计量与国际接轨，近年来我国也针对能量计量开展了大量的技术研究工作，同时颁布了一系列的法律、法规、标准、规范和天然气价格政策等。2002年初，国家计委下达了天然气计量由体积计量向能量计量过渡的指示，要求逐步做好由体积计量向能量计量过渡的准备

工作。2008年国家质检总局发布了GB/T 22723-2008《天然气能量的测定》。根据国际接轨要求制定了GB/T 18603《天然气计量系统技术要求》。2019年5月24日，国家发改委发布（2019）916号《油气管网设施公平开放监管办法》，第十三条规定“国家推行天然气能量计量体系，于本办法施行之日起24个月内建立天然气能量计量计价体系”，对天然气能量计量提出了具体的时间要求。

根据《油气管网设施公平开放监管办法》要求，燃气公司需要对所辖天然气管网建立能量计量体系。根据我国颁布的GB/T 22723-2008《天然气能量的测定》标准可知，天然气计量的一般原理是：一定量气体所含能量（E）为气体量（Q）与对应发热量（H）的乘积。需要采集天然气密度、发热量等参数的计算。目前天然气管网中气体来源各不相同，各站场气质组成比较复杂，采集数据不具有实时性及准确性，不满足能量计量的需求。因此根据天然气管线实际运行情况和标准规范，需要在相关交界点或者站场增设能量分析仪，燃气公司全面掌握相应天然气的气质情况，保证各公司或各区域调压计量站能量计量和各站场自用气能量计量系统的准确性。

## 5 建设天然气能量计量系统的必要性

### 5.1 全球天然气能量计量的发展

世界各国的天然气生产者，无论是国有企业还是私营企业，在追求经营利润方面都具有共性。由于天然气工业发展的历史原因，与石油、电力相比，天然气作为能源其内在价值被低估，在某些国家和地区甚至被严重低估。因此，凡是当地政策允许或者其它条件成熟的国家和地区，在天然气销售和消费中均已率先实施能量计量，如美国、法国、加拿大、德国和日本等较发达的国家。而在目前尚未实施能量计量的国家和地区，对此也都十分关注。近十几年来我国在天然气能量计量方面进行了积极论证和进行各种必要的准备工作，以期在条件成熟时尽快实施能量计量。这种背景正是商品天然气能量计量技术推广普及的巨大潜力，也必然推动能量计量技术以更快的速度发展。

### 5.2 能量计量是天然气贸易交接计量的必然趋势

随着越来越多气源引进、新气田不断开发，传统

体积计量不能体现不同气源之间的热值差异，不适应目前综合气源的现实。针对目前美国、法国、加拿大、德国、荷兰等北美、西欧地区国家在天然气贸易交接计量中，已普遍采用能量计量的现状。为了更好地体现贸易优质优价、公平公正的原则，在天然气进出口中，切实维护贸易双方的经济利益，未来在天然气贸易交接计量中采用能量计量方式是必然的发展趋势。计量改革应与时俱进，计量理念步入新的里程碑。

### 5.3 能量计量是维护公正、公平天然气贸易交易的必要前提

随着天然气勘探开发的快速进展，以及天然气输配技术进步和国内输气管网的进一步建设，管道贸易交接将不断扩大。另一方面，随着全国油气干线管道“一张网”逐渐形成，各管网之间相互调配气日渐频繁，而各环节公司所辖的站场中大多仍只具备体积计量条件。为了维护交易公正、公平，不致于引起交易各方在经济方面的麻烦，必将在天然气贸易中全面实施能量计量。

### 5.4 能量计量系统改造是建立天然气能量计量计价体系的基础

国家发改委发布的（2019）916号《油气管网设施公平开放监管办法》，为天然气能量计量提出了具体的时间要求。目前我国大部分天然气贸易交接站场现行采用的体积计量技术已非常完善，需要对相关站场和相关分输站增设能量检测装置，使改造后的站场通过测量热值或赋值的方式从体积计量到能量计量，满足国家发改委及各燃气公司的要求，实现天然气贸易交接计量的公平性。

各地城市燃气公司的各站场气质组分比较复杂，站场普遍未设置能量在线检测或分析设备，对于混合后的气质没有设备进行分析，热值和相对密度数据不准确，影响能量计量的准确性。因此，开展能量计量技术是天然气领域必然发展的国际趋势，按照国家发改委要求建立天然气能量计量体系，是十分适宜和必要的。

## 6 天然气能量计量系统的管理构建

### 6.1 分级管理和区块划分

针对客户类型和管网类型进行层级划分、区块划

分，建立各层级和区块的热值与流量管理体系。燃气公司已经具备了流量计量的完整体系，通过增设能量检测设备来进行能量计量。在天然气用户中，居民用户处于管网末端，气质变换平缓且为低压供气，可以采用通过在区域调压站采集热值数据，每日或者每周的平均热值对家用煤气表进行赋值计算，该热值结果与计量期间的流量的乘积即为此期间的天然气能量计量值。此方法也可延伸到商业用户。非居民用户为燃气公司的主要供气群体，占供气量的三分之二或者更多，这是落实天然气能量计量的重点区块。城燃公司由于大多是多气源供气，可以调整管网中的天然气流向使不同热值的天然气在管网中混合，形成热值稳定的天然气后给用户供气，即国标中的计量方法“天然气能量(E)为气体量(Q)与对应发热量(H)的乘积”，当发热量近似常数的时候，充分利用现有的流量计量体系即可完成能量计量，这是其中一种方式。另一种方式就是在关键节点、关键用户的交接部位，完善能量计量设备架构，实时检测所提供的能量。

### 6.2 能量计量系统架构的完善

天然气能量计量系统架构的完善方面，系统架构由流量计、能量测定仪（气相色谱仪或者热值仪）、体积修正程序（AGA8或者SGERG-88亦或流量计算机）、温度变送器和压力变送器共5部分组成。各个部分所使用的产品必须符合行业标准或者国家标准、必须具备校准规范，而且使用过程中要严格遵守定期检定、校验与保养。如果使用无标准无规范的产品，容易引发贸易纠纷并对企业造成负面影响、带来经济损失。在该框架建立过程中要充分考虑到实现计量精度的问题（即确定A级、B级、C级计量的一种），然后按照GB/T18603-2023《天然气计量系统的技术要求》选择这5部分的使用特性，实现预期的能量计量。

#### （1）架构中各单元的相互关系

天然气能量计量需要按照“天然气能量(E)为气体量(Q)与对应发热量(H)的乘积”来实现。天然气的量是通过流量计测得工况体积流量，然后与压缩因子计算后得出标况流量。天然气压缩因子的计算（GB/T17747-2011）由天然气的特性参数（摩尔比参数或者物性值参数）与温、压信号通过AGA8计算方法或者SGERG-88计算方法获得。天然气的特性参数是通过能量检测装置（热值仪或者气相色谱仪）得到的。

取得了准确的标况流量后乘以与之匹配的天然气发热量,就得到了单位时间的天然气能量。

天然气的流量和特性以及气体温度、压力都是动态的存在,动态参数的匹配,关乎体积流量的准确性和客观性、关乎天然气能量的准确性和客观性。天然气特性检测装置即气相色谱仪和热值仪,该种装置的检测周期与流量计的输出频率相吻合,就能保证体积流量和天然气能量检测的准确性。无论是超声波流量计还是涡轮、罗茨流量计等,都是大家所熟识的体积检测设备,也都是有标准和规范作为使用依据的设备,这里提及的输出频率的意义需要再进一步认识,涉及到体积修正方面与配套设备吻合性的问题。

(2) 能量检测设备选择的必要性和设备的选择分析

#### ①选择的必要性

天然气特性方面的信息,普遍存在着定期或者不定期从上游供气企业获取后,以赋值方式输入到计算程序中去。本来是动态参数变成了一定期间的常数,至今为止产生的体积输差问题,这是其中一个重要因素。实时测得的体积流量与同步测得天然气特性参数匹配,首先能够保证标况体积的准确性。

#### ②设备选择的分析

关于天然气特性检测装置方面,指的是气相色谱仪和热值仪。都是体积修正和热值检测的重要设备。选择哪种设备参与贸易计量,要依据规范GB/T17747-2011《天然气压缩因子的计算》来选择。如果使用色谱仪参与计算,就要按照GB/T17747.2的摩尔法配置色谱仪,但规范要求全组分分析,即需要同时分析出21种成分的,只有化验室用的台式色谱能够满足这一要求而在线防爆色谱仪最多只能检测出11种成分。台式化验室用色谱仪和防爆在线色谱仪的另一个特点都是检测周期长,超过半小时为常态。防爆在线色谱仪最短也是3min以上才能完成一次检测(是间歇在线),无法适应动态多变的气质检测,适用场景是单气源单管线,热值波动平缓的场景。这两类色谱仪都是有标准和规范为使用依据的设备。

如果选择热值仪参与计算,就要按照GB/T11747.3的物性值法配置热值仪。热值仪的种类比较多,但是有标准有规范的热值仪只有燃烧式热值仪和可见光光谱-超声波关联法热值仪。通过GB/T17747.3-2011《天

然气压缩因子的计算/用物性值进行计算》得到实时的压缩因子,主要变量为热值、相对密度和CO<sub>2</sub>。这两种热值仪检测结果都是不受天然气组分限制的检测设备,燃烧法热值仪是世界热值检测的鼻祖,由于采用明火燃烧检测,无法在防爆区域使用。而可见光光谱-超声波关联法热值仪是物理性原理检测,可以做到防爆在线检测,而且这种在线是真正的实时在线、每秒钟10个检测周期,可以满足与流量计输出频率的配比,满足体积修正和能量检测。这两种热值仪都是0.5级的检测精度,如果按照GB/T18603-2023《天然气计量系统技术要求》进行设备配置,都能够满足A级计量的要求。

天然气流量参数、天然气特性参数和天然气温度、压力参数都达到了规划要求后,下一步要考量天然气体积修正程序的问题。这里推荐使用流量计算机,种类比较丰富,计算方法都符合国家标准,即可实现体积的准确修正,又能够满足实时能量计算和累计能量计算的功能,还能够帮助燃气公司节省管理成本。

## 7 结论

天然气能量计量系统的实施是天然气贸易计量发展的必然趋势,是维护公正、公平天然气贸易交易的必要措施。通过建立天然气能量计量系统,可以实现天然气的能量计量,提高天然气贸易计量的准确性和公平性,维护贸易双方的经济利益。当下我们需要对现有设备和现有系统进行审视、评估与重新规划,并辅以相应的系统开发,规划好日后的维保规程,确保系统上线后的正常运行和计量数据的准确性。通过建立天然气能量计量系统,为天然气贸易计量提供有力的技术支持和保障,促进贸易公平,推动天然气贸易计量的发展。

城市燃气

订阅方法:

敬请登录杂志社官方网站  
[www.gas800.com](http://www.gas800.com)

