

浅谈城市燃气计量输差控制

吴纯科 陈相远

柳州广投北城清洁能源有限公司, 广西 柳州 545503

[摘要]城市燃气管网作为城市重要的气源供应系统,在保障居民生活和工业生产方面发挥着主要作用。然而,在管网输送过程中,由于各种因素的影响,出现计量输差,严重影响城镇燃气计量的准确性。文章针对城市燃气管网计量输差进行研究,分析了计量输差的影响因素,评估了城市燃气管网计量系统管理的现状,并提出了相应的管理措施,包括科学进行计量仪表选型安装与维护、建立燃气管网系统计量监督与管理制度、完善计量数据收集与整理以及加强计量人员管理等方面,以期有效提高城市燃气管网的计量输差控制水平,保障燃气管网运行的安全性和经济效益。

[关键词]城市燃气管网; 计量输差; 计量系统管理; 仪表选型

DOI: 10.33142/ect.v3i9.17857

中图分类号: TU996

文献标识码: A

Brief Discussion on Urban Gas Measurement and Differential Control

WU Chunke, CHEN Xiangyuan

Liuzhou Guangtou Beicheng Clean Energy Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi, 545503, China

Abstract: As an important gas supply system in cities, urban gas pipelines play a major role in ensuring residents' livelihoods and industrial production. However, in the process of pipeline transportation, due to various factors, there may be metering errors, which seriously affect the accuracy of urban gas metering. The article focuses on the study of measurement and transmission differences in urban gas pipeline networks, analyzes the influencing factors of measurement and transmission differences, evaluates the current situation of management of urban gas pipeline network measurement systems, and proposes corresponding management measures, including scientific selection, installation, and maintenance of measuring instruments, establishment of gas pipeline network measurement supervision and management system, improvement of measurement data collection and organization, and strengthening of measurement personnel management, in order to effectively improve the measurement and transmission difference control level of urban gas pipeline networks, ensure the safety, stability, and economic benefits of gas pipeline network operation.

Keywords: urban gas pipeline network; measurement of transmission difference; measurement system management; instrument selection

引言

随着我国城市化进程的加快和能源消费结构的调整,城市燃气成为一种清洁、高效的能源选择,其在居民生活、工业生产和环境保护中发挥着重要作用。由于城市燃气管网的复杂性和特殊性,计量输差问题长期存在,直接影响着燃气供应的安全性、经济性和准确性。因此,加强对城市燃气管网计量输差的研究和管理,对于提高能源利用效率、保障城市能源供应安全、实现能源可持续发展具有重要的现实意义和战略意义。基于此,本文分析了城市燃气管网计量输差问题,探讨其影响因素和产生机制,评估当前计量系统管理存在的问题和不足,提出相应的管理对策和措施,旨在提高城市燃气管网计量输差控制水平,保障燃气供应的安全性、经济性和准确性。

1 输差的定义

输差既在一特定的时间段内,流体介质在输送过程中出现的输入贸易计量值与输出贸易计量值的差值。它分为绝对输差和相对输差,通常说,绝对输差是指燃气企业外购燃气量 $Q_{\text{购}}$ 与燃气销售量 $Q_{\text{销}}$ 之差,亦称供销差;供销差量与购进气量之比称为供销差率(输差率),亦称相对输差,

我们平时所说的输差即相对输差,燃气输差 = $(Q_{\text{购}} - Q_{\text{销}}) / Q_{\text{购}} \times 100\%$ 。作为从事天然气经营的公司,经营收入主要为天然气购销的价格差。输差是影响输气成本的关键指标,输差管理必然成为天然气行业生产管控的核心内容。

2 城市燃气输差影响因素分析

2.1 计量器具精度等级和量程引起的误差

城市燃气用户是多元化的;有居民用户、商业用户和工业用户等。目前大多燃气公司选择居民用户的计量表为 G2.5 精度等级 1.5,最大流量(Q_{max}) 4Nm^3 ,最小流量(Q_{min}) 0.025Nm^3 和 G1.6 精度等级 1.5,最大流量(Q_{max}) 2.5Nm^3 ,最小流量(Q_{min}) 0.016Nm^3 两款皮膜表,两款皮膜表均不带温压补偿,能较为精准地计量民用用户的用气量。但商业、工业用气量就不同,特别是工业用户的量程,为保证工业用户的最大用气量(Q_{max}),燃气公司在流量计的选型时都会考虑在内,反而忽略最低功工作时的始动流量($Q_{\text{始}}$)。例如:单台燃烧设备在功率最小时工作的始动流量($Q_{\text{始}}$)计量范围好选择;若多台燃烧设备并联工作计量时,出于流速、流量等问题,用气量最少、最小功率设备工作时始动流量($Q_{\text{始}}$)是最容易被大家忽略的。

故选择用单台气设备最少、最小功率时的始动流量($Q_{始}$) $>$ 计量设备最小计量范围(Q_{min})才能精准地计量整体的用气量。若计量设备选型不当,哪怕计量器具精度等级和量程再精密,引起的误差是不可估量的。

2.2 实际温压和参比条不同引起的误差

据《天然气标准参比条件》(GB/T19205—2008)中规定:天然气计量时,使用的压力和温度参比条件分别为101.325kPa和20℃。而实际计量时,很少在标准状态,若未修正温压补偿,计量结果将与实际值存在一定偏差。据气体状态方程计算可知,当实际供气压力相对参比压力每升高1kPa,燃气企业损失的气量为1%;若温度低于参比温度3℃,损失的气量也为1%。目前燃气公司面对民用户及小时用气量较小的小型商业用户时因考虑成本一般选用不带温压补偿的皮膜表计量。民用户的供气压力为2kPa,商业为2~3kPa,因压力造成的损失就达2%,我国年平均气温按10℃计算,因温度造成的损失就达3%以上,综合温度压力因素,输差损失超过5%。工业用户则根据设备使用压力而定,有低压也有中压。总之,供气温度越低、压力越高,燃气企业输差越大^[1]。

2.3 管网中的气量波动的影响

管网中的气量波动是城市燃气管网输差的重要影响因素,主要原因包括管网结构复杂性、用气量的不确定性以及运行参数的变化。首先,管网结构的复杂性导致了气体在管网中传输过程中的非稳态流动现象,从而引发气量的波动。管网中存在各种弯头、阀门、管道连接处等流阻点,气体在经过这些结构时会产生涡流、涡旋等非均匀流动,导致气量的波动现象。其次,城市燃气供应对象众多,用气量的变化具有随机性和不确定性,如居民生活、工业生产等用气需求随着时间、季节、气候等因素的变化而波动,会直接影响到管网中气体流量的波动情况。此外,管网运行参数的变化也会引起气量的波动。管网中的压力、温度等参数随着供气量的变化而波动,参数变化会影响气体的密度、流速等,进而导致气量的波动现象。

2.4 天然气气质的影响

天然气主要由气态低分子烃(如甲烷、乙烷、丙烷等)和非烃气体(如二氧化碳、氮气等)混合组成。甲烷是其主要成分,占比通常90%以上,一种多组分的混合气态化石燃料。因为天然气是混合气体,气体的气质波动影响到其密度、体积以及热值等物性参数,进而影响计量结果的准确性。天然气的产地不同地区、不同时间甚至不同管段存在差异,主要表现在气体成分、湿度、硫化物含量等方面,如气体中含有大量杂质,如硫化物、氮气等,影响到气体燃烧性能和热值,进而影响到计量结果。其次,天然气气质的变化影响到管网中气体的流动特性,气体的密度、黏度等参数受到气质影响,不同气质天然气在管网中的流动特性有所差异,从而导致计量结果的偏差。另外,天然气气质的波动对管道和设备的腐蚀和损耗产生危害,

从而间接影响到管网的运行和计量准确性。

3 城市燃气输差主要原因分析

3.1 LNG 气化率不一致原因

目前,在很多燃气公司在没有接驳长输管道供气前使用的供气方式为建设LNG(液化天然气)气化站为用户提供气源。LNG产地不同气化率是有差异的。如:四川地区生产的LNG气化率约在1450~1500t/Nm³之间,而进口LNG的气化率则在1350~1400t/Nm³之间,气化率不一致对城市燃气管网的运行和管理有一定影响。首先,气化率不一致天然气的热值就不一致,导致用户使用天然气量相对不稳定,影响用户的正常用气体验。其次,不同产地的LNG混合在一起直接影响燃气量 Q 购与燃气销售量 Q 率准确性,最终影响天然气的计量和结算。

3.2 LNG 槽车卸不完, 存在的原因

城市燃气管网计量系统管理中,存在LNG卸车卸不完的情况,导致计量偏差。LNG卸车指将液化天然气(LNG)从运输工具(如槽车)转移到储存设施(如储罐)的过程。由于各种因素的影响,如压力、温度、设备、操作等原因,LNG槽车卸车无法卸至完全,依然有部分LNG存在槽车内。在这种情况下,LNG配送业务的过程中,燃气公司和LNG供应单位每车都一定的计量误差范围。这种误差是最大、最直接影响燃气量 Q 购与燃气销售量 Q 率准确性,是输差率最主要的原因。

(1) 配送业务中交付的为液化天然气时以卖方上游接收站或液厂交付设施的计量值(装车磅单)为准并作为结算依据,但买方对计量值有复核权,买方完成卸车且车辆罐体压力低于0.2MPa时,计量误差(上游装气量与下游卸气量的差值)在±200公斤/车范围内,双方互不追究气差损失。LNG牵引车头为气头车,液化天然气计量差变更为±100公斤/车,计量原则与如下±200公斤/车的计量原则相同。

(2) 配送液化天然气业务中若计量误差为+200公斤/车以上(即上游装气量-下游卸气量 $>$ 200公斤/车),由卖方承担超出200公斤以外部分的气差损失。若由买方责任(包括但不限于卸气不当、罐体压力高、地磅不准等因素)造成的气差损失,卖方不予承担。

(3) 配送液化天然气业务中若计量误差为-200公斤/车以下(即下游卸气量-上游装气量 $>$ 200公斤/车),由买方支付供气方超出200公斤以外部分对应的气费。

3.3 碰口作业和天然气置换存在的原因

碰口是指在燃气管道施工中,将新旧两根管道连接起来的接口部分。城市燃气管网运行系统管理中,为确保各项安全,新建管道和已通气的管道连接、抢修、检查采用停气碰口是最为常用的施工方法。停气碰口作业放散管道中天然气的量是不能通过理想气体方程式准确地计算出来。目前,通过理想气体方程式仅能计算出碰口作业放散部分的,当管道压力与大气压力相平衡时,气体将不再从管道内流出。作业过程中切开管道进行碰口时,由于密度差等原因仍有部

分的气体外流,而这一部分气体是无法计算,也是原因之一。

天然气置换是指将管道内的其他气体置换成天然气,直到天然气浓度达到可以正常点火燃烧为止。在整个置换作业过程中由于天然气与其他气体混合一同在管道内,置换时同时排出。根据《输气管道工程设计规范》(GB 50251—2015)第 11 章焊接与检验、清管与试压、干燥与置换相关规定用天然气置换管道内惰性气体时,置换管道末端天然气含量不应小于 80%即可。在置换作业中天然气的浓度检测只能做有效的监控,具体流量也是不能精准地进行计算。但在用户末端,天然气的置换是必须成功的点燃才算完成。上述 2 种情况也是天然气输差原因之一^[2]。

3.4 第三方施工破坏引起泄漏的原因

城市燃气管网计量系统管理中,第三方施工引起破坏燃气管道导致燃气泄漏的量是无法准确统计的,这是出现输差最严重的问题。第三方施工是指第三方在输气管道沿线进行相关工程或与管道交叉的工程施工,包括道路修建、建筑施工等工程。第三方施工不慎损坏燃气管道导致泄漏发生时,而这些泄漏量是难以准确统计。一是发现的及时性,倘若发现及时,及时对管道进行抢修这部分的损失还小,要是发现不及时,泄漏会导致燃气资源的浪费,严重增加了燃气公司的经济成本,并对周边环境和居民造成安全隐患和环境污染,引发意外事故和纠纷。二是由于泄漏难以被准确统计,会影响管网运行的安全和稳定,降低了管网管理的效率和水平。

3.5 燃气管网泄漏带来的原因

城市燃气管道及设施老化、接口松动泄漏和调压装置超压放散等,这也是输差存的原因。如未及时发现处置会影响管网的安全运行和稳定,也会给企业带来一定的经济损失。

3.6 计量设备定检和其他原因

根据《涡流流量计》(JJG 1037—2008)规定,流量计的检定周期一般为 2 年,准确度等级不低于 0.5 级的检定周期为 1 年;《超声流量计》(JJG 1030—2007)规定,流量计检定周期一般不超过 2 年。对插入式流量计,如果流量计具有自诊断功能,且能够保留报警记录,也可每 6 年检定一次并每年在使用现场进行使用中检验;《气体容积式流量计》(JJG 633—2005)规定,准确度等级为 0.2 级个 0.5 级的流量计,检定周期为 2 年,其余等级的流量计检定周期为 3 年,误差超过最大允许误差,计算得到的示值误差符合要求,则检定周期为 1 年。目前,很多燃气公司流量计安装到现场后,因用气单位无发停产检验,一般都没有在规定的检定周期内及时的检定。在此期间由于准精度误差产生的输差会是输差主要原因之一。

此外流量数据未采用远传功能,用户用气抄表不及时,采用往年加全平均法进行暂估用气量,也是导致供销存在偏差也是输差主要原因之一。

4 城市燃气管网计量系统管理措施

4.1 科学进行计量设备选型安装与维护

首先,计量设备选型方面,应根据用户的实际情况和

需求,选择一定范围内的计量设备。考虑到管网的复杂性和特殊性,应选择精度高、稳定性好、耐用性强的计量设备,如:超声波流量计、电磁流量计等,以确保计量的准确性和可靠性,并考虑计量仪表适用范围、安装便利性和维护保养方便性等因素,综合考虑选择最优的计量仪表^[3]。其次,计量设备的安装方面,严格按照厂家的安装要求和相关标准进行安装。安装前应对安装环境和条件进行充分评估,确保安装位置合适、安装方式正确、连接管道畅通,避免安装过程中出现漏气、漏水等问题。安装完成后,进行系统检查和试运行,确保计量仪表的正常工作。最后,计量仪表维护方面,建立健全维护保养制度,定期对计量仪表进行检查、清洁和校准,及时发现计量仪表的故障或异常,及时处理,保证计量的准确性。

4.2 加强 LNG 槽车卸车管理

针对 LNG 槽车卸车产生的输差,要建立完善 LNG 槽车卸车的监测,加强相关人员培训管理和操作流程,规范卸车操作,确保每次卸车都能够完全、准确地完成,保障管网运行的安全、稳定和高效,把 LNG 槽车卸车产生的输差控制在有效的氛围内。

4.3 建立计量监督与管理制度

第一,明确计量活动的相关规定和流程,制定详细的管网计量管理规定,包括计量活动的组织、实施、监督和评估等方面的规定,明确各项计量活动的标准和要求,确保计量活动按照规定进行,达到准确、公正、可靠的目的。第二,加强现场监测和巡查,及时发现并处理施工现场可能存在的安全隐患和风险。同时,加强对施工过程的管控,采取必要的防护措施,减少对管道的损坏和泄漏的发生。第三,加强管线巡查力度,提升管线巡检人员能力,及时发现泄漏,并立即处理。第四,加强对计量设备和人员的培训与考核。应定期组织计量设备的维护保养培训和操作技能培训,提高操作人员的专业水平和技能素质,确保计量设备的正常运行和使用。第五,建立健全的泄漏统计和报告机制,确保任何泄漏事件都能够及时发现、报告和处理,减少对管网运行的影响和风险,对工作表现优秀的人员给予奖励,同时存在问题人员进行督促和整改,确保监督与管理工作的有效开展。

4.4 完善计量数据收集与整理

其一,建立高效的数据采集系统。通过引入先进的数据采集设备和技术,实现对管网计量数据的实时、准确采集,包括流量、压力、温度等关键参数的监测和记录,确保数据的及时性和准确性。其二,建立统一的数据管理平台。将采集到的计量数据整合到统一的数据管理系统中,建立完善的数据存储、管理和查询机制,确保数据的安全性和可靠性,通过建立数据标准和规范,统一数据格式和命名规则,便于数据的整理和分析,提高数据利用效率^[4]。其三,管网竣工测量数据的精准程度会在很大程度上不会受到第三方施工的破坏,在施工初期已经做好现场坐标及管道

埋深交底,最大程度的做好施工保护。其四,过在停气碰口处安装相应的监测设备,实时监测放散量,并将数据纳入计量系统进行统计。同时,制定相关的管理规定和操作流程,规范停气碰口操作,减少放散量,并加强对停气碰口操作的监督和管理,确保燃气管网运行安全、环保和高效。

4.5 加强计量人员管理

一是建立健全人员管理制度,明确计量人员的岗位职责、权限和考核标准,确保每位计量人员都清楚自己的工作职责,明确目标,做到有责任心、有使命感。同时,建立严格的考核评价机制,定期对计量人员进行绩效考核,对表现优秀的人员进行奖励,对表现不佳人员进行督促和培训,以激励计量人员积极工作。二是加强计量人员的培训与技能提升。针对不同岗位的计量人员,制定相应的培训计划和培训内容,包括技术培训、管理培训、安全培训等方面,提高计量人员的专业水平和工作能力,涵盖计量设备的操作维护、数据分析与处理、安全生产知识等方面,确保计量人员具备必要的技能和知识,能够胜任工作。三是加强对计量人员的监督与管理。建立健全的监督管理机制,对计量人员的工作进行定期检查和考核,确保计量工作的规范性和准确性,并强化对计量人员日常管理和指导,及时发现和解决工作中的问题和困难,提高计量工作的效率和质量。定期、不定期进行购销气差率分析,擅于发现问题,并及时解决。

5 案例分析

5.1 设备选型

以我所在的公司为例,在计量设备的选型上做好充分准备。如某工业用气企业生产线并联 13 台燃烧机,同时工作用气量量程范围大,考虑到并联设备最大用气量和最小用气设备最小功率工作时的始动流量($Q_{始}$)与计量设备最小计量范围(Q_{min})的因素,经与设备厂家沟通最终确定了始动流量($Q_{始}$)>计量设备最小计量(Q_{min})。如下表 1 所示:

表 1 流量设备选型参数表

单台设备始动最小流量($Q_{始}$)	10Nm ³	计量设备精度等级	1.5 级
并联设备最大用气量(Q_{max})	500Nm ³	计量设备回转体积	11.54dm ³
计量设备最小计量值 Nm ³ (Q_{min})	4Nm ³	计量设备公称压力	1.6MPa
计量设备最大计量值 Nm ³ (Q_{max})	650Nm ³	计量设备工作压力	0.4MPa
计量设备分界流量	0.05 Q_{max}	计量设备低频 LF	1imp/m ³
计量设备环境温度	-20~+60℃	计量设备介质温度	-20~+60℃

5.2 竣工测绘资料的收集

竣工测绘资料的收集为下列新建市政排水管道衔接已建好的市政排水管网系统提供强有力的数据支持,通过燃气管道竣工测绘资料把管道的位置及埋深精准定位,保障燃气管道与其他管道交叉的安全间距,顺利的把交叉施工完成。

如下图所示:



图 1 现场定位示意图

6 结束语

通过对城市燃气管网计量输差控制的研究和分析,可以采取一系列的管理措施,提高管网计量系统的管理水平和计量准确性,确保城市燃气供应的安全稳定性和经济效益。

[参考文献]

- [1]党磊.西北地区天然气贸易计量技术研究[D].陕西:西安石油大学,2017.
 - [2]杨诗怡.城市燃气管网计量输差控制研究[D].四川:西南石油大学,2015.
 - [3]陈联国,丁巧.超声波流量计在城市燃气管网的应用[J].煤气与热力,2014,34(4):7-9.
 - [4]张伟,周进生.关于利用能量计量天然气的经济技术分析[J].中国矿业,2012,21(5):30-34.
- 作者简介:吴纯科(1983—)男,石油与天然气工程师,深耕燃气行业 17 年,长期主持城市燃气项目的设计、施工、市场开发及安全运行等的相关工作。