

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2025.09.002

城镇燃气热值管理控制技术研究

王 曦¹, 王红莲², 鄢良广¹, 宋 嘉³, 王健宁³

1.绵阳兴绵燃气有限责任公司; 2.北京市煤气热力工程设计院有限公司;

3.北京市燃气集团有限责任公司

摘 要: 随着城镇燃气行业的快速发展,热值管理控制技术的重要性日益凸显。合理的热值管理不仅可以提高燃气使用的安全性,还能优化资源利用效率,降低运行成本。本文围绕城镇燃气热值管理控制技术展开研究,分析其关键技术要点、安全风险及政策实施路径。

关键词: 城镇燃气; 热值管理; 技术控制; 安全管理; 政策风险

1 引言

随着我国经济与技术的飞速发展,城镇燃气用量同步快速增长,燃气种类涵盖天然气、页岩气、煤层气及液化石油气等^[1];气源既包括国内自产,也包括国外进口。丰富的燃气来源在保障国内燃气供应平稳的同时,不同气源的热值也存在差异。燃气热值的差异不仅会对用户产生直接经济影响,其差异若超出燃

烧设备的适配范围,还会导致脱火或回火现象,进而引发重大燃气事故。

2 我国城镇燃气现状

2.1 城镇燃气组成及热值情况

我国城镇燃气气源组成多元化,用气结构和能源结构持续优化。陆上建成四川、鄂尔多斯和塔里木

参考文献

- [1]张智,邓皓匀,向世林.储气库井在CO₂腐蚀作用下的环空带压安全管控[J].中国安全生产科学技术,2024,20(09):120-127.
- [2]毕彩霞,刘德生,刘文远.H₂S/CO₂酸性条件下储气库管道腐蚀特性实验研究[J].中国设备工程,2024,(S2):295-298.
- [3]于瑶如.盐穴储气库注采管柱内腐蚀速率预测研究[D].西安建筑科技大学,2024.
- [4]黄剑华,赵春,赵建国.油气藏型储气库CO₂腐蚀防护技术研究[J].油气田地面工程,2024,43(03):76-81.

- [5]徐高,谢芳毅,曹振瑞,等.压缩空气储能盐穴储气库技术及其智能建造工艺技术研究[J].热力发电,2024,53(09):48-59.
- [6]赵庆森.大庆油田储气库老井处置技术与应用[J].化学工程与装备,2023,(10):109-112.
- [7]骆正山,于瑶如,骆济豪,等.基于IAOA-KELM的储气库注采管柱内腐蚀速率预测[J].安全与环境学报,2024,24(03):971-977.
- [8]马泽林.双六储气库油套管CO₂腐蚀-力学一体化设计方法研究[D].中国石油大学(北京),2023.

[第一作者简介]王曦,高级工程师,从事城市燃气工程设计及建设管理工作。

3大天然气生产基地，全面打通4大进口战略通道，进口多元化格局进一步完善，基础设施日益完善，互联互通水平显著提升，储气设施建设加快推进，“全国一张网”基本形成^[2]。

通过表1-表3可以看出，我国不仅气源种类多源，不同油田，不同进口气源的热值也差距巨大，这种情况就导致了热值不可控程度较高。而不同用户对于热值的偏好也不尽相同，如工业用户更加偏好高热值气源，高热值气源可以提升燃烧效率，使工业用户成本得到控制；而对于对热值敏感的用户（如玻璃厂等）和民用户，则需要控制热值的波动范围。

2.2 我国城镇燃气热值标准

GB 13611-2018《城镇燃气分类和基本特性》^[3]

表1 我国城镇燃气种类占比

气源种类	来源	分类	占比
天然气	国产	油田气	50%~55%
		页岩气	
		煤制气	
	进口	管道	30%~35%
LNG			
液化石油气	国内炼厂副产+进口		80%~85%
可再生能源制气			5%~8%
其他新兴气源			5%~10%
			<2%

表2 我国不同油田的天然气热值

油气田名称	平均热值 (MJ/m ³)
吉林油气田	33.23
塔里木油气田	34.96
长庆气田	35.64
西南油气田	36.62
辽河油气田	37.63
青海油气田	38.03
大港油气田	39.10
大庆油气田	39.45
新疆油气田	39.86
吐哈油气田	40.04
华北油气田	42.21

表3 进口LNG热值

进口来源地区	典型热值 (MJ/m ³)
东南亚 (印尼/马来西亚)	35~38
美国 (页岩气)	36~39
俄罗斯	37~41
澳大利亚	38~42
卡塔尔	40~43

和GB 17820-2018《天然气》^[4]中对城镇燃气和天然气进行分类和要求，但标准中仅给出了城镇燃气热值范围和最低要求，并没有根据具体用户的不同需求给出相应标准。为了保证用户的利益和市场平稳运行，满足燃气终端用户的兼容性要求，GB 55009-2021《燃气工程项目规范》给出了燃气热值的管理要求，其在3.0.2条规定：系统供应的燃气应确定基准发热量，发热量变化应在基准发热量的±5%以内。^[5]

3 城镇燃气热值管理控制关键技术要点

3.1 基准热值的确定

如何确定基准热值是进行热值管理的基础，在T/CAS 893-2024《城镇燃气热值管理控制工程技术规程》^[6]中给出了具体要求。

(1) 应以供气范围内主气源的平均热值或按照合同约定的热值为基准热值；

(2) 基准热值在一定时间段内应保持稳定；

(3) 互换性符合GB/T 33440《天然气互换性一般要求》的有关规定；

(4) 对于热值有特殊要求的用户，基准热值应满足用气设备的性能要求，并由供气单位与用气单位双方共同以合同方式确定。

在确定基准热值时，除满足国家标准一类、二类气要求后，首先主要考虑在供气范围内的主气源的平均热值，主气源主要考虑在供气范围内，供气能力大于总供气量50%的单一气源或多气源，且多气源中的单一气源的供气能力大于总供气能力的10%以上。或供气双方已经在合同中约定的燃气热值作为基准热值；其次基准热值还需要满足稳定性和互换性要求；最后对于有特殊要求的用户，供气双方应以合同方式

确定基准热值,根据基准热值进行相应的热值管理来保证用户需求。

3.2 热值管理的方式

基准热值确定后,为满足特殊用户对于燃气热值的需求和经济性,可在主气源热值基础上通过混合高热值、低热值或零热值的气体来保证热值的稳定,简单工艺流程见图1。

如果主动气源热值较低(如煤制气、生物天然气,热值 $\leq 32\text{MJ}/\text{m}^3$),在热值管理下,通过掺混高热值气源(如热值 $\geq 41\text{MJ}/\text{m}^3$ 的LNG、LPG等气源),实现热值管理控制后气源满足基准热值要求。

如果主动热值过高,影响到热值敏感用户的设备安全使用,可掺混低热值气体或惰性气体(如氮气等)使热值管理控制后燃气热值满足用户要求。

燃气热值管理系统可根据燃气组分需求选择相应的燃气色谱分析仪,并采用支持自动化控制系统进行管理,同时系统还应该为监管平台留出接口。

4 城镇燃气热值管理安全风险及控制措施

4.1 政策风险及控制措施

城镇燃气热值管理控制容易受到社会关注引发舆情,不同规范标准制定时受到业务、技术水平差异的影响,不同标准对热值管理的限制有可能不一致,应首先依据《城镇燃气管理条例》^[7]第三十一条:“燃气管理部门应当向社会公布本行政区域内的燃气种类和气质成分等信息。”的要求以公开性为基本原则。

因此,规范企业热值管理控制行为,需要在热值管理工程伊始建立气源质量追溯信息系统,与热值管理控制工程同步设计、施工和验收,接受燃气管理部门监管,确保系统追溯数据的真实、准确、完整。为了保证数据的安全除了本地保存外,还应该在备用端数据库中保存,并考虑保存时间、数据步长等冗余要求。

4.2 设备安全风险及控制措施

热值管理控制装置需要根据主动、随动气源的种类和特性确定,装置混合的均匀性和变化适应性是关键。混合均匀性的核心设备一般使用静态混合器或通过管道优化设计促进湍流混合。变化适应性主要依靠传感器监测气源参数,然后通过PLC或DCS系统调整阀门开度,保持混合比例稳定^[8]。此外,算法方面可能需要PID控制、模型预测控制,甚至机器学习来预测和调整参数。控制阀是混合和调整的关键,控制阀选择时需关注的关键参数包括流量特性匹配、动态响应及介质兼容性。控制阀的风险控制措施除阀体本身的本质安全设计外,还需从安全联锁系统、安全监测及应急控制策略多维度应对。

4.3 运行风险及控制措施

热值管理设备运行时应重点巡检通风系统有效性、可燃气体泄漏报警装置有效性及设备内部的热值仪、氧分析仪、甲烷分析仪等设备的系统状态。针对随动气源为液化石油气时,需要重点监控排污井等低洼部位,防止液化石油气混入其他地下管道或低洼部位^[9]。针对气源质量追溯系统需要采取防入侵、防病毒等安全措施,防止数据被伪造和篡改。

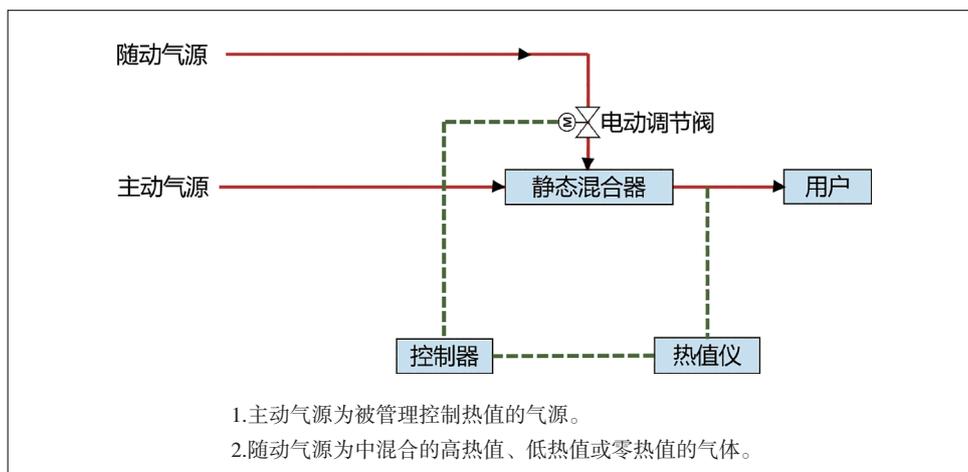


图1 热值调整工艺流程图

5 城镇燃气热值管理控制实施路径研究

为了有效实施城镇燃气热值管理控制,需要从气源管理、混配技术、智能控制、安全监测等多个层面进行系统性规划。

5.1 建立城镇燃气热值管理的标准体系和热值平衡模型

依据《城镇燃气管理条例》《燃气工程项目规范》《城镇燃气分类和基本特性》等国家标准要求制定各地方热值波动限值标准,同时根据热值管理工程实际建立相关标准体系,使城镇燃气热值管理工程规范化。

根据热值波动限值标准,建立气源供应商准入机制,在准入机制下,规定气源供应商提供动态的热值数据,可在相关标准体系中规定动态数据的更新频率。

基于热值标准体系和准入机制,以供应商气源热值和热值标准作为基础数据,构建本地多气源热值矩阵,开发热值、压力流量等多数据耦合模型,根据模型优化多气源的混配比例,达到燃气热值的动态管理目的。

5.2 构建热值管理的智能控制系统和数据平台

与热值管理控制工程同步设计、施工和验收的气源质量追溯信息系统可采用分层控制架构,顶层采用模型预测控制,滚动优化热值控制目标,底层采用自适应PID控制模式。同时加入系统的自学习模式,如LSTM(长短期记忆网络)和随机森林算法,来预测72h的气源热值波动和识别异常用气模式。

将SCADA系统实时采集热值管理的各项数据进行集成,通过热值控制算法,输出热值三维热力图和能效分析模块,来实现热值的时空分布可视化,进行热值输配成本的计算。

5.3 城镇燃气热值管理的安全保障体系

热值管理的安全保障体系着重于连锁控制。在热值管理控制系统中加入相应的控制模块,当管网压力超压后,可联动控制阀门,启动紧急放散程序;当下游反馈热值超限后,连锁切断阀自动切断阀门,防止热值波动对下游敏感用户造成影响。

5.4 城镇热值管理的运行维护与监管体系

热值管理工程的日常运行维护主要包括:针对设备的健康检测,如对主要设备如阀门、静态混合器等进行寿命检测和密封性检测;对于着重部位,如安全

泄放装置、泄漏检测网络等与安全相关的设备有效性运行维护工作。保证热值管理工程的安全。

城镇燃气运行上级单位或相关政府部门除需确保下辖热值管理工程自身系统安全的前提下,还需建立对热值管理工程全生命周期的监管体系。采取建立在线监测平台,数据对接气源可追溯的智能控制系统,针对管理的热值建立随时可查的第一道监管措施;面向社会大众公布热值管理合格率报告,建立消费者监督和反馈渠道的第二道监管措施。

6 结语

为保证燃气热值高敏感用户等对热值有不同需求的用户实际使用需要,本文从我国燃气气源现状、热值管理控制关键技术要点,安全风险及控制措施3个方面探讨了城镇燃气热值管理控制技术的应用现状,提出通过城镇燃气基准热值标准化、智能燃气热值管理技术、安全保障体系等系统性地对燃气热值进行风险管控,同时接受政府协同监管等措施来实现城镇燃气热值的管理控制,解决多气源热值波动问题。

参考文献

- [1]贺超.天然气热值计量发展趋势及展望[J].天然气与石油,2021,39(01):140-144.
- [2]2024中国天然气发展报告[R],石油工业出版社,2024.7;
- [3]GB/T 13611-2018《城镇燃气分类和基本特性》[S],中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会发布,2018-03-15;
- [4]GB 17820-2018《天然气》[S],国家市场监督管理总局、中国国家标准化管理委员会发布,2018-11-19;
- [5]GB 55009-2021《燃气工程项目规范》[S],中华人民共和国住房和城乡建设部、国家市场监督管理总局发布,2022-01-01;
- [6]城镇燃气管理条例[国务院令第583号],中华人民共和国国务院,2010年11月19日;
- [7]刘春杨,许晖,宋素合,等.掺混法在燃气热值调整中的应用[J].油气储运,2007,(06):59-62+67.
- [8]白永强.液化石油气罐区常见隐患[J].劳动保护,2020,(08):56-57.