

撬装LNG气化站在新农村的应用研究

□ 北京市燃气集团有限责任公司 (100035) 李持佳 王庆余

□ 北京建筑大学 (100044) 杜可心 史永征

摘要: 撬装LNG气化站具有占地面积小、初投资低、建设周期短等特点,特别适用于没有管道天然气的农村地区,结合农村地区的用气特点,本文设计加工了一台撬装LNG气化站。通过监测运行过程中各节点的温度和压力,分析得出空温式气化器出口天然气温度比环境温度低约10℃~20℃。另外,在水浴式天然气加热器的加热功率计算时,需考虑调压器降压带来的温降,以保证最终的供气温度在管道和设备的设计温度范围之内。

关键词: 撬装 气化站 工艺设计 应用研究

A Study on the Application of LNG Gasification Station in New Countryside

Li Chijia, Wang Qingyu, Du Kexin, Shi Yongzheng

Abstract: Device prizing LNG gasification station has the characteristics of small area, low investment, short construction period which is especially suitable for rural areas without piped natural gas, combined with the characteristics of gas in rural areas, this paper designed and manufactured a skid mounted LNG gasification station. By monitoring the temperature and pressure of each node in the process of operation, it is concluded that the gas temperature of the outlet of air-heated vaporizer is lower than environment temperature about 10-20℃. In addition, when calculating the heating power of the water bath gas heater, in order to guarantee ultimate temperature of the gas provided is within the scope of design temperatures of the pipelines and equipment, we should take the temperature drop into account caused by the reduce of pressure of voltage regulator.

Keywords: LNG gasification station process design application study

1 概述

近年来,随着国家对生态文明和环境保护的高度重视,加速了天然气这一清洁能源的应用和推广。

2013年9月,国务院出台的《大气污染防治行动计划》明确指出:“优化天然气使用方式,新增天然气应优先保障居民生活或用于替代燃煤^[1]”,然而天然气管道的建设速度跟不上需求的发展,以京津冀地区

为例,除中心城区以外,管道天然气短期内难以惠及郊区和农村的广大地区。经过多年的实践和探索,对于缺少管道天然气的远郊地区和农村,液态天然气(liquefied natural gas,简称LNG)成为了可行的天然气气源。

2 新农村用气特性分析

示范村位于北京市延庆县卓家营村,共200户居民。与城市用天然气相比,农村用天然气的特性主要体现在用气类型多、用气规律性不明显、不同地区用气量指标差异大。

2.1 用气类型多

通过对卓家营村200户居民的入户调查,将该示范村的用气类型归纳为4类。第1类为不使用天然气的用户,主要原因是居民未居住或者一户对应多门牌号;第2类为仅用于炊事的居民,用户已经购买了采暖用煤或者对使用天然气采暖持观望态度;第3类是使用天然气炊事及采暖的用户;第4类是天然气仅用于采暖,炊事则以电或液化石油气为能源。

用气类型的差异由经济性、供暖温度、天然气供暖系统的技术可靠性和安全性、天然气系统维护管理等方面导致,其中最主要的因素是经济性。

2.2 用气规律性不明显

以位于北京市平谷区的蔡坨村为例,该村于2013年11月开始采用管道天然气进行炊事及采暖,共427户。分析实际记录的数据发现,各用户的用气量指标呈明显的波动,数值在 $1\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{a})\sim 15\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,没有显著的规律性。对于相同室内温度的用户,其用气量指标也有较大差异,不同用户用气量指标也没有随着供暖温度的提高而提高,从侧面说明农村用气特性受到建筑物的构造、房屋朝向及功能和生活习惯的影响比较显著。

2.3 不同地区用气量指标差异大

以位于北京市昌平区的辛店村和平谷区的蔡坨村进行用气量指标的对比,分析全年用气量发现,辛店村每户的实际采暖平均用气量指标 $11.53\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,每户的生活用气量指标为 $131.4\text{m}^3/\text{a}$;蔡坨村每户的供暖用气量指标 $5.44\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,每户生活用气量指标 $211.7\text{m}^3/\text{a}$ 。采暖季和非采暖季的用气量差别较大,辛

店村和蔡坨村用气量指标差异很大,主要因为蔡坨村是改造村,与自然村辛店村相比,房屋结构较好,供暖用气量指标低。

3 撬装LNG气化站简介

撬装LNG气化站属于区域供气的一种,具有占地面积小、初投资低、建设周期短等特点,根据气化量的不同,LNG气源可以采用多种供应形式,如LNG储罐、LNG钢瓶、LNG槽车,特别适合作为新农村建设中的天然气气源。目前,在我国众多经济发达、能源紧缺的中小城市已有应用,为远离市区的工厂提供天然气,成为了永久供气设施或管道天然气到达前的过渡供气设施,技术成熟、安全可靠。

3.1 项目介绍

卓家营村为寒冷地区,冬季极端最低温度可达 -20°C ,而且昼夜温差较大,只采用常规的空温式气化器,出口天然气温度远低于 0°C 而成为低温天然气,不能满足 $5^\circ\text{C}\sim 10^\circ\text{C}$ 的供气要求^[2],此时需要串联一台水浴式天然气加热器,用来加热空温式气化器出口的低温天然气。鉴于采暖季和非采暖季用气量的波动较大,LNG气源采用LNG槽车和LNG钢瓶两种形式,即采暖季时采用LNG槽车供气,非采暖季时采用LNG钢瓶供气。撬装LNG气化站的设计参数如表1所示。

表1 撬装LNG气化站设计参数

进口压力	0.5 MPa ~ 0.7MPa
一级调压后压力	0.2MPa
最大供气量	700Nm ³ /h
环境温度	$-20^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$
相对湿度	$\leq 90\%$
电源	AC 220V \pm 33V 50Hz \pm 1Hz

3.2 工艺流程

撬装LNG气化站的主要设备包括LNG槽车(LNG钢瓶)、储罐增压器、BOG加热器、EAG加热器、空温式气化器、水浴式天然气加热器、调压计量加臭装置,其工艺流程如图1所示。LNG槽车通过储罐增压器对槽车进行增压,自动增压阀设定的关闭压力为

0.5MPa。供气时利用LNG槽车与管道的压差，LNG液体进入空温式气化器，因为空温出口天然气温度受环境温度影响较大，为了提高运行的自动化程度，实现气化站内的无人值守，在空温式气化器出口设有气动三通阀，三通阀一侧进入水浴式天然气加热器，另一侧进入旁通管道。当空温式气化器出口天然气温度低于设定值 t 时，气动三通阀切换至水浴式天然气加热器一侧，加热器通电；当空温式气化器出口天然气温度高于 $t + \Delta t$ 时，气动三通阀切换回旁通侧，加热器断电，最后经调压、计量、加臭处理，进入下游燃气管网。

由于采暖锅炉用气的连续性，且用气量大，LNG槽车一般停靠2天~3天，所以槽车内产生的BOG^[3]很少，没有进行回收工作，加热后直接进行放散。

系统中空温式气化器进口和出口、水浴式天然气加热器出口分别设置了安全阀，从安全阀排除的EAG属于低温气体，低于 -107°C 时其密度比空气重，排放后不易扩散，系统中设置了EAG加热器，加热后的EAG气体再汇集到放散管集中放散。

3.3 主要设备简介

3.3.1 空温式气化器

空温式气化器是利用翅片管内外形成的大温差驱动换热^[4]，它由诸多根翅片管按一定间距并联而成，是最节能、环保的气化方式。气化能力按高峰小时用气量的1.3倍~1.5倍确定^[5]。实际运行中的空温式气化器，结霜面积可达到80%，严重降低了空气侧的传热系

数^[6]，所以空温式气化器的设置一般不少于2台，相互切换使用。本站选用的空温式气化器详细参数见表1。

表1 空温式气化器参数表

品牌	无锡市华锐气体设备有限公司		
流量	700Nm ³ /h	单根翅片长度	2 450mm
介质	LNG NG	内径d1	21mm
设计压力	1.6MPa	外径d2	28mm
最高工作压力	0.8MPa	翅片高度	160mm
重量	710kg	翅片厚度	1mm
制造日期	2015.11	材质	铝合金

3.3.2 水浴式天然气加热器

空温式气化器与水浴式天然气加热器串联使用，水浴式天然气加热器的加热能力根据高峰小时用气量的1.3倍~1.5倍确定^[7]。

水浴式天然气加热器采用电加热的形式，加热功率设计为5kW。水浴式天然气加热器拥有一套独立的控制系统，通电后，通过监测加热器水浴的温度来控制设备的启停，水浴温度的上限值可以自由设定，水浴温度达到上限值时便自动停止加热。

3.3.3 调压、计量、加臭系统

(1) 调压系统

撬装LNG气化站的调压系统采用两级调压，一级调压后燃气压力降至0.2MPa，二级调压后燃气压力降至2kPa，由于采暖锅炉用气要求在0.2MPa，所以二级

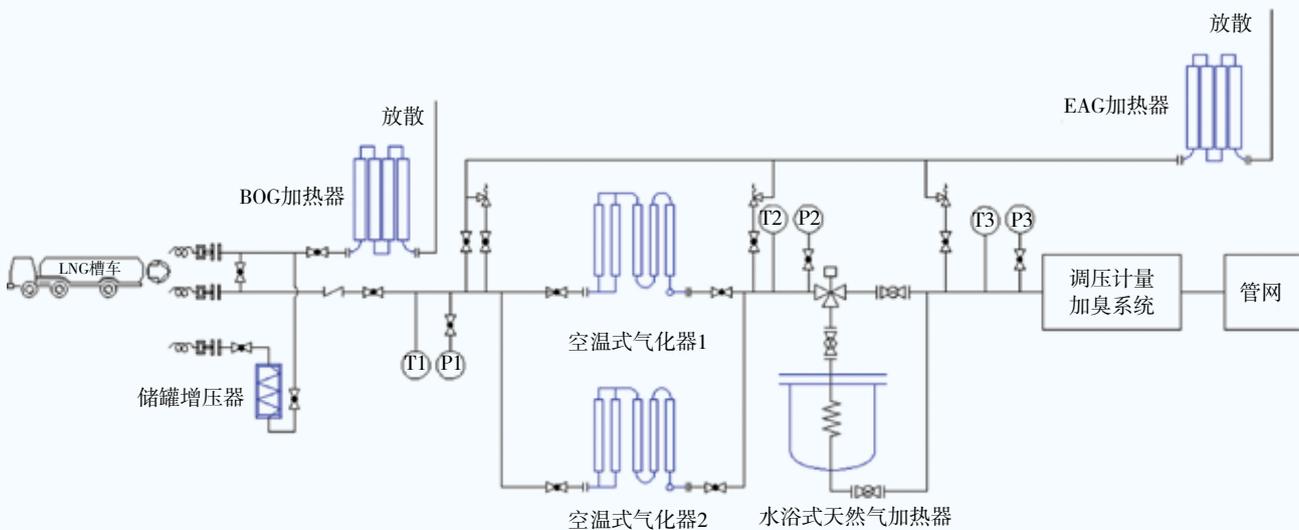


图1 撬装LNG气化站工艺流程图

调压采用旁通处理,调压箱如图2所示。在一级调压器前设有过滤器,用来消除介质中的杂质,以保护阀门及设备的正常使用。在过滤器上安有压差开关,用于监测过滤器堵塞情况,方便及时清理。

(2) 计量系统

撬装LNG气化站采用的流量计为罗茨流量计,可以实现实时流量、累计流量、压力、压差、温度的指示和记录功能,另外罗茨流量计具有精度高、可靠性好、重量轻、运行噪声低等特点,可以输出脉冲信号、4mA~20mA或1V~5V模拟信号、485通讯等,便于实时数据的采集。

(3) 加臭系统

撬装LNG气化装置采用的加臭机为微电脑控制注入式加臭装置,主要包括加臭剂储存结构、控制器、计量加臭泵、注射阀。加臭剂的流量由计量加臭泵进行调节,调节依据来源于控制器,控制器根据燃气输送管中的燃气中采集的加臭剂浓度数据来决定计量加

臭泵的输出,达到随流量等比例加臭的目的。

3.4 数据采集

撬装LNG气化站所有的运行数据通过PLC系统采集,采集的参数主要是温度、压力、流量,采集参数的位置和信号类别见表2。

4 数据分析

4.1 压力变化

图2展示了撬装LNG气化站在冬季连续运行3天采集到的压力数据,包括LNG进口压力、空温出口压力、加热后压力、调压后压力。采集间隔为5min。

开始的一段时间,槽车内LNG储量较大,上部空间较小,此时压力稳定在0.45MPa,需要通过储罐增压器进行增压,以保证LNG的不断流出。

通过对比LNG进口压力和空温出口压力发现,压降不大,控制在0MPa~0.01MPa之间;对比空温式气

表2 数据采集参数表

序号	名称	信号类别	序号	名称	信号类别
1	LNG进口温度	4mA ~ 20mA	7	复热后压力	4mA ~ 20mA
2	LNG进口压力	4mA ~ 20mA	8	调压后温度	4mA ~ 20mA
3	空温出口温度	4mA ~ 20mA	9	调压后压力	4mA ~ 20mA
4	空温出口压力	4mA ~ 20mA	10	流量	485信号
5	水浴温度	4mA ~ 20mA	11	环境温度	4mA ~ 20mA
6	复热后温度	4mA ~ 20mA			

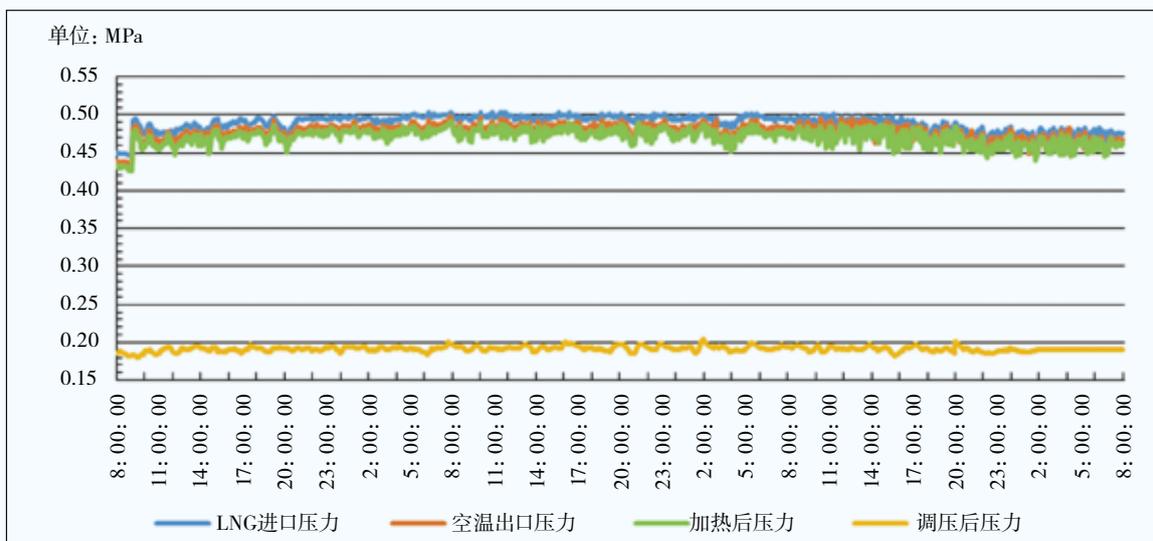


图2 撬装LNG气化站压力运行数据

化器出口天然气的压力和被加热后的压力，不难看出加热器对压降的影响也不大，控制在0MPa~0.01MPa之间；天然气经调压器调压后，压力稳定在0.2MPa左右，满足供气需求。

4.2 空温出口天然气温度随环境温度的变化

撬装LNG气化站在冬季连续运行3天，空温式气化器天然气出口温度随环境温度变化的情况如图3所示。空温出口天然气温度随环境温度的升高（降低）而升高（降低），而且晚上空温出口天然气温度与环境温度的差值比白天大。空温式气化器长时间运行

后，结霜面积越来越大，霜层厚度也加大，降低了传热效率，空温出口天然气温度与环境温度的差值越来越大。

4.3 调压器对温度的影响

水浴式天然气加热器的出口天然气温度即调压器前的温度，调压器的作用是为了满足下游供气的压力需求，但是降压的同时，天然气温度也会随之有所降低，调压器前后天然气温度的变化如图4所示，燃气压力从0.5MPa降至0.2MPa时，温降在2℃~5℃范围内。调压前的温度满足5℃~10℃的供气温度要求，

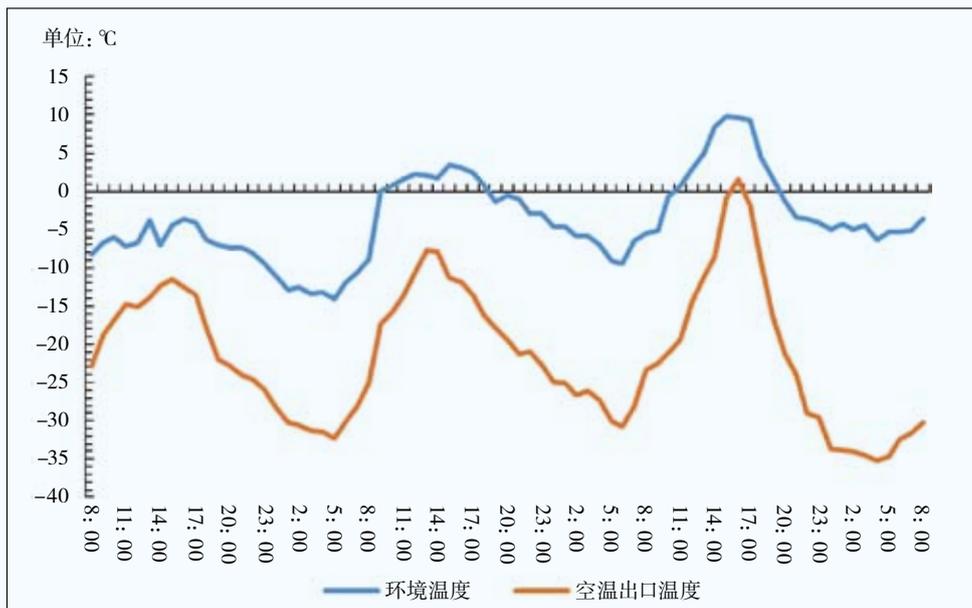


图3 环境温度和空温出口天然气温度关系图



图4 调压前后温度的影响

但调压后部分时间段的温度处于 $0^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 之间，所以调压器对供气温度的影响不容忽视。

5 结论

(1) 实际运行的空温式气化器，出口天然气温度受环境影响较大，正常情况下比环境温度低 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，长时间运行霜层面积和厚度增大后，温差可增至 30°C 左右。

(2) 空温式气化器长时间运行后，结霜情况严重，影响空温式气化器出口天然气温度，建议每两天进行一次空温式气化器的切换。

(3) 在水浴式天然气加热器功率计算时，需考虑调压器降压带来的温降，以保证最终的供气温度在管道和设备的设计温度范围之内。

(4) 卓家营村从2016年11月15日开始供气，到2017年3月15日总用气量为 $170\ 373\text{Nm}^3$ ，每户的供暖用气量指标 $5.68\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

参考文献

- 1 孟压东, 孙洪磊. 京津冀地区煤改气发展探讨[J]. 国际石油经济, 2014; 22(11): 84-90
- 2 严铭卿, 宓亢琪, 田贯三等. 燃气工程设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009
- 3 李亚军, 夏岩. LNG接收站BOG蒸发量的影响因素及稳定性[J]. 低温工程, 2012; 04: 38-43
- 4 刘珊珊. 空温式液化天然气气化器传热性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013
- 5 郑桂友, 于京春, 刘尚书等. LNG气化站的设计[J]. 煤气与热力, 2009; 29(7): B01-B03
- 6 李澜, 焦文玲, 王海超. LNG空温式气化器换热机理及结霜工况下的换热计算[J]. 天然气与工业, 2015; 35(10): 117-124
- 7 吴创明. LNG气化站工艺设计与运行管理[J]. 煤气与热力, 2006; 26(4): 1-8

其它消息

“大手拉小手” 共同关注燃气安全 秦皇岛华润燃气举办志愿者亲子奉献社会大型服务活动

2017年6月2日上午，秦皇岛华润燃气有限公司工会组织了主题为“大手拉小手，燃气安全进社区”的志愿者亲子奉献社会大型服务活动。丰富多彩的活动和志愿者们的热情，让港城阴雨的天空充满了文明和谐、积极向上的气息。

当日上午，秦皇岛华润燃气有限公司的120余名家长和孩子参加了此次活动。为了组织好此次活动，公司纪委书记、工会主席李永柱和妇委会主任王兴梅全力部署、周密安排，广大干部职工积极响应，带着各自的学龄前孩子踊跃的参加到此次活动中来。大家衣着整齐、面带微笑，走进海港区文建里小区，宣传燃气安全知识，将燃气志愿者和子女

的爱心奉献给广大用户。

活动持续了一个多小时，志愿者和孩子们共发放宣传单150余张。望着这整洁干净的街道，居民们无不交口称赞。通过这次亲子宣传活动，普及了安全用气知识，进一步拉近了公司和广大燃气用户的距离，也让孩子们受到了一次燃气安全教育，丰富了他们的社会实践。孩子们都说：很高兴成为“小小燃气安全宣传志愿者”，作为燃气员工的家属，有义务为燃气事业的发展出力添彩。今后还会参加这样的活动，让燃气安全知识走进千家万户，为创建文明城市再立新功。

(宋丽萍)