

净化沼气进入城镇天然气管网的技术措施

张学妙

(青岛能源设计研究院有限公司, 山东 青岛 266073)

摘要: 沼气利用方式采用净化沼气输入城镇天然气管网。针对净化沼气进入城镇天然气管网可能出现的供气不稳定、燃气设施冰堵、燃气互换性差等问题,分析6项技术措施:优化工艺流程、选择稳定的沼气生产工艺技术、选择可靠高效的沼气净化技术、净化沼气组成检测、水露点检测、不合格沼气回流。

关键词: 净化沼气; 天然气管网; 沼气利用; 水露点; 互换性

中图分类号: TU996.6 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-4416(2019)04-0B10-03

DOI:10.13608/j.cnki.1000-4416.2019.04.013

1 工程概况

青岛市平度市南村镇某沼气生产项目日均生产沼气体积为 $2.59 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。经检测,沼气的主要组分为甲烷,甲烷的体积分数约为60%,二氧化碳的体积分数约为35%,硫化氢、氮气、氧气、氢气和一氧化碳的体积分数约为5%。经过净化提纯处理后的净化沼气质量达到国家标准 GB 17820—2012《天然气》规定的“二类气”的标准。净化沼气体积为 $1.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

沼气利用的方案为净化后输入城镇天然气管网。

2 净化沼气进入天然气管网主要问题分析

净化沼气进入城镇天然气管网可能出现如下3个主要问题:

① 由于沼气生产不稳定,可能造成天然气公司调度困难。

② 净化沼气热值不稳定,华白数波动超过国家标准 GB/T 13611—2018《城镇燃气分类和基本特性》的规定值,将严重影响天然气用户正常使用。

③ 净化沼气含水量超标,输配过程中易形成冰堵,损坏天然气设备,影响管网运行和用户用气。

3 净化沼气进入天然气管网技术措施

3.1 优化工艺流程

本项目对沼气从生产到进入城镇天然气管网的整个流程进行优化。净化沼气进入城镇天然气管网流程见图1。

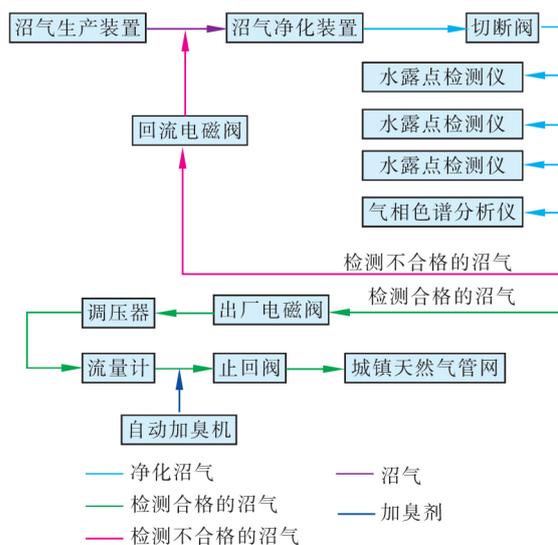


图1 净化沼气进入城镇天然气管网流程

沼气由生产装置产出,经过净化装置净化提纯后,成为净化沼气。再经过3台水露点检测仪和1

作者简介: 张学妙,男,高级工程师,学士,从事燃气工程与热力工程设计与研究工作。

收稿日期: 2018-06-12; 修回日期: 2018-12-03

台气相色谱分析仪进行检测分析。如果出现检测不合格的沼气,则自动打开回流电磁阀,检测不合格的沼气回流至沼气净化装置入口处,再进一步净化提纯。经过检测合格的沼气通过出厂电磁阀,再通过调压器调压、流量计计量、自动加臭机加臭,然后通过止回阀,进入城镇天然气管网。

3.2 选择稳定的沼气生产工艺技术

为了解决沼气生产不稳定的问题,在沼气生产工艺方面,经过常温、中温、高温厌氧发酵工艺三方案比较,湿式厌氧发酵工艺和干式厌氧发酵工艺两方案比较,单相、两相厌氧发酵工艺两方案比较,单级、两级厌氧发酵工艺两方案比较,确定选择技术成熟、沼气生产稳定的工艺技术方案——中温湿式单相两级厌氧发酵工艺技术进行沼气生产,所有生产工艺设施考虑备用,确保沼气生产稳定。

3.3 选择可靠高效的沼气净化技术

在沼气净化工艺技术方面,经过对变压吸附法、化学吸收法、压力水洗法三方案进行比较,最终选择压力水洗法进行沼气净化。

压力水洗法脱除二氧化碳是物理吸收过程,根据沼气中主要组分甲烷、二氧化碳、硫化氢在水中的溶解度不同而实现气体分离。在整个过程温度变化不大的条件下,甲烷在水中的溶解度随压力变化不大,二氧化碳、硫化氢在较高压力下在水中溶解度大,在较低压力下因在水中的溶解度小而释放出来,从而实现对二氧化碳、硫化氢的分离,完成沼气净化提纯。

压力水洗法的优点是设备自身能耗低,甲烷逃逸率低,可以建设大型沼气提纯工程,系统可靠性高,设备维修成本相对较低。

所产沼气全部进行压力水洗法提纯,经过脱水后,在净化车间通过初步检测,合格后的沼气方可进入下一生产环节。

3.4 净化沼气组成检测及互换性分析

3.4.1 净化沼气组成检测

为了解决净化沼气热值不稳定、华白数波动超过规定值的问题,需要实时检测净化后沼气的组成,并计算出净化沼气热值和华白数,使之稳定在国家标准 GB/T 13611—2018《城镇燃气分类和基本特性》规定的范围内。

天然气组成和净化沼气组成检测多采用气相色谱分析仪^[1]。在调压计量区入口处,采用气相色谱分析仪对净化沼气组成进行复检。

气相色谱分析仪检测的数据通过通信线路上传到控制中心,对各项数据进行分析比较。气相色谱分析仪对净化沼气组成的分析周期设定为小于或等于 5 min,能根据其测量数据自动生成报告及色谱图,并向设于控制中心的上位计算机控制系统进行传输,至少提供两个 RS-485 串行通信接口,并支持 MODBUS RTU 通信协议。气相色谱分析仪具有自诊断功能,诊断结果传送到上位计算机控制系统,控制系统控制单元应有 LCD 图形显示器和键盘,能够在显示器上显示图谱、气体组成、热值、密度等信息,并能通过按键选择显示内容和显示方式。气相色谱分析仪设置在现场,是防爆型分析仪表,其防爆等级不低于 Exd II BT4;具有防尘、防水功能,防护等级不低于 IP65。

本项目自 2017 年 6 月投产以来,通过一年四季多次检测,检测数据基本稳定,净化沼气不含凝结水和硫,除甲烷外,无其他烃类,更无液态烃。

气相色谱分析仪监测数据如下:各组分体积分数甲烷 97.22%,二氧化碳 0.70%,氧气 0.70%,氮气 1.27%,氢气 0.11%。高热值为 36.75 MJ/m³,低热值为 33.09 MJ/m³,相对密度为 0.57,密度为 0.70 kg/m³。

3.4.2 互换性分析

根据南村镇的用气情况,将全部净化沼气与天然气混合后进入天然气管网。由于南村镇的冬夏季日用气量均超过净化沼气的量,因此,本文按照冬季的最大用气量和夏季的最小用气量进行燃气互换性分析。

根据净化沼气的检测结果,高热值为 36.75 MJ/m³,相对密度 0.57,经计算,净化沼气的华白数为 48.67 MJ/m³。

南村镇使用的管输天然气为中石油供应的管输天然气,中石油管道公司提供的检测数据如下:相对密度为 0.602,密度为 0.725 5 kg/m³,高热值为 38.936 MJ/m³。经计算,管输天然气的华白数为 50.18 MJ/m³。

夏季混合气中,净化沼气与管输天然气的体积

之比为16:1;冬季混合气中,净化沼气与管输天然气的体积之比为8:13。

经计算,夏季混合气的华白数为 48.76 MJ/m^3 ,高热值为 36.879 MJ/m^3 ;冬季混合气的华白数为 49.60 MJ/m^3 ,高热值为 38.10 MJ/m^3 。

GB/T 13611—2018规定,天然气(12T)的华白数标准为 50.72 MJ/m^3 ,范围为 $45.66 \sim 54.77 \text{ MJ/m}^3$;高热值标准为 37.78 MJ/m^3 ,范围为 $31.97 \sim 43.57 \text{ MJ/m}^3$ 。

与标准值相比,混合气夏季华白数的波动幅度为 -3.86% ,冬季华白数的波动幅度为 -2.21% ,特殊情况下,全部采用净化沼气供应用户,则华白数的波动幅度为 -4.04% 。

根据上述计算结果,夏季、冬季、特殊情况下混合气华白数的波动幅度分别为 -3.86% 、 -2.21% 、 -4.04% ,均满足不超过 $\pm 5\%$ 的波动要求;混合气的高华白数和高热值均在GB/T 13611—2018规定的天然气(12T)类别的范围内。因此,本项目净化沼气可与管输天然气混合后供应用户,也可以单独供应用户,与天然气的互换性良好。

3.5 净化沼气水露点检测

净化沼气水露点应始终保持在低于环境温度 5°C 以上,确保所有天然气设施不致因冰堵而影响使用。采用水露点检测仪对净化沼气水露点进行检测,并将检测的数据上传到控制中心。水露点检测仪数量为3台,3台同时开启,当3台水露点检测仪检测的数据均不一致时,应及时对水露点检测仪进行检修,以确保检测数据准确有效。

水露点检测仪测量范围: $-50 \sim 20^\circ\text{C}$;检测分度值: $\pm 2^\circ\text{C}$;响应时间:3 min。

在2017—2018年度冬季最冷时,环境温度为 -13°C ,检测得到净化沼气水露点为 -35°C ,比最低环境温度低 22°C ,满足天然气质量要求。

由于中石油管输天然气内不含凝结水,水露点为 -20°C ,净化沼气也不含凝结水,水露点为 -35°C ,净化沼气与天然气混合后混合气不会产生凝结水。本项目运行一段时间后,多次对净化沼气与管输天然气的混合气抽样,进行检测分析,均无凝结水产生。

3.6 不合格的沼气回流再净化

净化沼气经组成检测和水露点检测后,若数据不满足GB 17820—2012中“二类气”的规定或合同要求,即为检测不合格的沼气,通过控制中心自动将出厂电磁阀关闭,将回流管道上的回流电磁阀打开,使检测不合格的沼气回流到沼气净化装置,再进行净化。

本项目已运行1 a,尚没有检测到净化沼气不合格的情况。

3.7 合格的沼气进入城镇天然气管网

净化沼气组成检测和水露点检测全部数据合格时,出厂电磁阀打开,净化沼气进入调压计量柜,通过调压器、流量计、自动加臭机后,进入城镇天然气管网。

调压器进口压力为 $0.7 \sim 0.8 \text{ MPa}$,出口压力为 0.35 MPa ,额定流量为 $800 \text{ m}^3/\text{h}$,调压器前后各设置一路压力传感器。流量计公称压力为 1.6 MPa ,额定流量为 $800 \text{ m}^3/\text{h}$,配置压力温度补偿仪。

调压计量柜外设置1台防爆型数据远传装置,调压器前后的压力信号和流量计的压力、温度、流量信号、3台水露点检测仪的水露点信号、气相色谱分析仪的组成、密度、热值等信号通过数据线与防爆型数据远传装置相连,防爆型数据远传装置将信号远传至沼气生产公司和天然气经营公司的控制中心。

在流量计后设置止回阀,避免城镇天然气管网内较高压力的天然气回流而损坏流量计,确保燃气工艺设备安全。

4 运行效果

本项目自2017年6月投产以来,沼气生产连续稳定,南村天然气经营公司调度正常,未发生管网停气等事故。净化沼气热值基本稳定,高华白数波动未超过国家标准GB/T 13611—2018规定的范围。净化沼气水露点始终保持在低于环境温度 5°C 以上,没有出现燃气设施冰堵现象。

参考文献:

- [1] 肖晋予,李继华,魏梅.燃气管网检漏中天然气与沼气的区分[J].煤气与热力,2005,25(12):50-51.

natural gas and the compressed air is basically the same. The difference of specific enthalpy exergy variation of the natural gas and air increases with the increase of the initial pressure when the final pressure is the same. In the process of using compressed air to simulate natural gas depressurization, the specific temperature exergy variation and specific pressure exergy variation of compressed air are corrected, and the correction coefficient is given.

Key words: natural gas; compressed air; specific pressure exergy variation; specific temperature exergy variation; specific enthalpy exergy analysis

Technical Measures for Purified Biogas into Town Natural Gas Pipeline Network

ZHANG Xuemiao

Abstract: A biogas utilization method is to use the purified biogas to feed into town natural gas pipeline network. In view of the problems of unstable gas supply, gas facility ice blockage and poor gas exchangeability for feeding the purified biogas into town natural gas pipeline network, six technical measures are analyzed, including optimizing the process flow, selecting stable biogas production process technology, selecting reliable and efficient biogas purification technology, purified biogas component detection, water dew point detection and unqualified biogas reflux.

Key words: purified biogas; natural gas pipeline network; biogas utilization; water dew point; interchangeability

Liquefied Natural Gas

Two-layered and Three-layered Model Simulation of Rollover in Large LNG Storage Tank

BU Yongcheng, WANG Na, ZHAO Xiaodan

Abstract: The rollover phenomenon caused by LNG stratification is studied, and a two-dimensional model is established. The rollover process of LNG in a $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ storage tank is simulated by CFD software. When the upper, middle and lower layered densities are 425 kg/m^3 , 424 kg/m^3 and 423 kg/m^3 , respectively, the changes of density and interface velocity of three stratifications are analyzed, and the changes of interface velocity of two stratifications and three stratifications with time are compared. When the heights of two stratifications are 1 m, 2 m and 3 m, respectively, the changes of the interface velocity at different heights with time and the change of critical density difference are analyzed. When the upper, middle and lower layered

densities are 425 kg/m^3 , 424 kg/m^3 and 423 kg/m^3 , respectively, the densities of LNG in each stratification change drastically. After 600 s, the mixing is basically finished, and new stratification is formed. The liquid in the storage tank returns to a stable state, the density difference of the liquid in the adjacent stratifications is reduced, the density difference between the upper and middle layers is about 0.6 kg/m^3 , the density difference between the middle and lower layers is about 0.5 kg/m^3 , and the overall structure shows upper light and lower heavy. Under the same tank conditions, the upper interface velocity and the lower interface velocity of the three stratifications with the same density difference are greater than the interface velocity of two stratifications. The rollover degree of three stratifications is more intense than that of two stratifications, and the rollover duration is longer. For the two-layered model, when the heights of two stratifications are 1 m, 2 m and 3 m, respectively, and the density difference and other conditions are the same, the greater the stratification height, the later the rollover start time, and the longer the rollover duration. For the two-layered model, under different stratification heights, as the difference in density between layers increases, the rollover duration decreases first and then tends to remain unchanged after the difference in density between layers reaches the critical density difference. When the heights of two stratifications are 1 m, 2 m and 3 m, respectively, the critical density difference is 3 kg/m^3 , 4 kg/m^3 and 5 kg/m^3 , respectively. The critical density difference increases with the increase of the stratification height.

Key words: large LNG storage tank; stratification and rollover; numerical simulation; two-layered model; three-layered model

Feasibility Analysis of Cold Storage LNG Refrigerated Truck

YIN Xinlin, HUANG Xiaomei

Abstract: Based on the application mode of LNG cold energy in the automotive industry, the advantages of LNG refrigerated truck are analyzed. In LNG refrigerated truck, LNG is used as both fuel and refrigerant, while mechanical refrigeration equipment is saved, noise pollution is eliminated, operation cost is low, thus realizing the maximum utilization of the cooling capacity of LNG. For the cold storage LNG refrigerated trucks with different compartment volumes and no-load conditions, the refrigerating capacity of the LNG refrigerated truck during normal driving, the refrigerating capacity at idle speed and the cooling capac-