

高压天然气含油检测及在除油效果评价中的应用

张波, 冉红斌, 冯丞科, 王俊超, 谢强, 何鑫, 龙俨丽

(中国石油西南油气田分公司 重庆气矿, 重庆 401147)

摘要: **目的** 为高压天然气中含油量检测提供方法。**方法** 将取样装置安装在管道中部, 在管道上通过一级减压阀将进气压力减压至 2 MPa, 再通过二级减压阀减压至 0.3~0.4 MPa。通过流量计控制流速为 18~20 L/min, 取样时间为 30~50 min。当气体通过取样装置时, 气体中的油分截留于取样滤膜上, 从而进行取样。将取样滤膜取出, 放入萃取烧杯中, 使萃取剂充分萃取油分。将萃取后的溶液倒入比色皿中, 将比色皿置于油分浓度分析仪, 测出气体含油量。**结果** 通过除油器后的压缩天然气含油量较高, 体积分数最小值为 7.7×10^{-6} , 最高值为 12.1×10^{-6} , 远超除油器技术协议规定的 4×10^{-6} 。检测结果表明, 除油器出口端含油量超过设计指标 2~3 倍, 除油效果较差。**结论** 提出了减压取样、萃取检测的方法, 并通过现场试验验证了该方法可以准确测定高压天然气的含油量。将油量检测方法用于除油效果评估, 现场试验验证该检测方法可行。

关键词: 天然气; 含油量; 除油器;

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.07.008

中图分类号: TE648 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2019)07-0035-04

Detection and Removal Efficiency of Oil in High-pressure Natural Gas

ZHANG Bo, RAN Hong-bin, FENG Cheng-ke, WANG Jun-chao, XIE Qiang, HE Xin, LONG Yan-li
(Chongqing Gas Mine of Petro China Southwest Oil and Gas Field Company, Chongqing 401147, China)

ABSTRACT: Objective To provide method for detecting oil content in high pressure natural gas. **Methods** The sampling device was installed in the middle of the pipeline. The inlet pressure of the pipeline was reduced to 2 MPa with a level-1 pressure relief valve, and then to 0.3 - 0.4 MPa with a level-2 pressure relief valve. The flow rate was controlled at 18-20 L/min with a flow meter. The sampling time was 30-50 min. When the gas passed through the sampling device, oil in the gas was trapped in the sampling filter membrane for sampling. The sampled filter membrane was removed and then put into an extraction beaker, to fully extract the oil. The extracted solution was poured into a cuvette which was placed on an oil content analyzer to measure the oil content of gas. **Results** The oil content of the compressed natural gas passed through the degreaser was high. The minimum volume fraction was 7.7×10^{-6} , the maximum of it was 12.1×10^{-6} , far in excess of 4×10^{-6} which was specified in the degreaser technology agreement. Test results showed that the oil content at the degreaser outlet was 2-3 times more than design index. The degreasing effect was poorer. **Conclusion** Methods for decompression sampling, extraction and detection are proposed. The field test shows that this method can accurately measure the oil content of high pressure gas. Field tests verify that it is feasible to use the oil detection method in degreasing effect assessment.

KEY WORDS: natural gas; oil content; oil remover

收稿日期: 2019-04-15; 修订日期: 2019-06-25

基金项目: 中国石油西南油气田分公司科研项目 (20150307-04)

作者简介: 张波 (1980—), 男, 工程师, 主要研究方向为地面建设和油气储运。

气体中含油量过大,会严重影响气体产品的传热与传质过程,降低其使用性能^[1-2]。因此,定期检测含油量以及进行除油是气体产品生产使用过程的重要环节。

气体中的油分主要包括以液体微粒存在的气溶胶和以气态大分子烃存在的油蒸气^[3]。目前,油含量主要通过吸收液或吸附材料结合分析设备进行定量检测,常用的检测方法有红外分光光度法、紫外分光光度法、气相色谱法、检气管法等^[4-5]。王国军^[6]对红外分光光度法采用一次萃取,直接在普通漏斗中吸水和吸附,简单、快速地测定水和废水中的油类,取得了良好的效果。刘再华等^[7]改进了紫外分光光度法,验证了其在氦气、氮气及空气中油含量检测的可行性。

气体的除油装置是气体产品的重要组成部分,通过一定的方法将油分与气体进行分离,从而实现气体的提纯。目前,除油装置得到了一定的研究与应用。刘中海等^[8]将除油装置应用到聚氯乙烯气体的提纯,使其含油量控制在 0.1×10^{-6} 内。李志杰等^[9]应用精滤除油技术对净化滤油设备进行了改进,并在高压机出口气体中验证了其良好的除油效果。

高压天然气是城市天然气中的枢纽,布置点多、覆盖面广,起着城市天然气调压、调峰、配气、输送的作用^[10]。对于高压天然气的含油量检测,目前还没有相关国家标准,其研究与应用正在逐步探索中。文中针对重庆相国寺储气库设备,设计了一套高压天然气含油量检测及除油器除油效果评价方案,并对现场装置进行了试验与分析。

1 天然气含油量检测

天然气中油的质量浓度一般在每立方米几十毫克以下,组成成分复杂,无法通过直接测定的方法来定量检测。需要预先对天然气进行油分取样,然后对油分样本使用红外分光光度法等方法进行计算,从而得到天然气的含油量。

1.1 油分吸附取样

天然气的油分取样通常采用吸附的方法,通过对油分吸附性强的材质将油分从气体中吸收并提浓。主要的吸附取样方法有溶剂吸附、纤维材料吸附、冷凝富集吸附等^[11]。

纤维材料直径小,比表面积大,具有更快的吸附速度与能力,在气体油分吸附取样中应用广泛。纤维材料吸附即在取样管中充填一定量的纤维材料(脱脂棉、玻璃纤维、聚丙烯纤维等),取样时让天然气以一定的流速通过取样管,并用湿式气体流量计记下气体的取样体积。气体中的油分被吸附材料吸附下来,再通过有机溶剂将其溶解后测定。

纤维材料吸附通常能取得良好的效果,但对粒径在 $0.1 \mu\text{m}$ 以下的微量油分却很难吸附。研究表明,

结合定量滤纸与纤维材料,在纤维材料吸附管内两端各加上两层定量滤纸,与其共同组成油分吸附取样系统的吸附效果会显著提高^[12]。

1.2 红外分光光度法

红外分光光度法是以油品中的某些基团对红外光的特征吸收为基础,通过最基本的光吸收规律——比尔定律来进行定量的^[13]。采用四氯化碳萃取油类物质,测定总萃取物,然后将萃取液用硅酸镁吸附,经脱除动植物油等极性物质后,通过不同波段光谱的吸光度来测定油分含量。操作简单、抗干扰、灵敏度高、不受油分结构的限制、适用范围广,是目前应用最广泛的气体含油量检测方法。

天然气中油分组成成分主要是长链烷烃以及少量的芳烃。烷烃中的 CH_3 、 CH_2 、 CH 等是红外分光光度法检测的基础^[14],因此红外分光光度测油仪更适合天然气气体中含油量的检测。

2 高压天然气含油量检测及除油器除油效果评价

高压天然气含油量一般都较低,检测下限要求也很严格,一般小于 0.1 mg/L 。文中基于此设计了高压天然气减压油分取样、萃取油量检测以及除油效果评估等方法为一体的实验系统。

2.1 减压取样方法

为了更精确检测现场天然气的含油量,保证取样安全有效,采用两级减压后进行天然气取样,实时记录取样管线流速及流量。同时为避免管壁内依附的润滑油进入取样管线,影响取样准确性,取样管应插入管道中部。取样管下方安装进气开关、一级减压阀、二级减压阀、放空阀、取样滤膜与流量计。在除油器出口管道以同样方式安装取样实验装置。

除油器前端减压取样实验方案如图1所示,经过压缩机增压后的高压天然气进入主管道,主管道出口端与除油器连接,取样管安装于主管道中部,如图2所示。

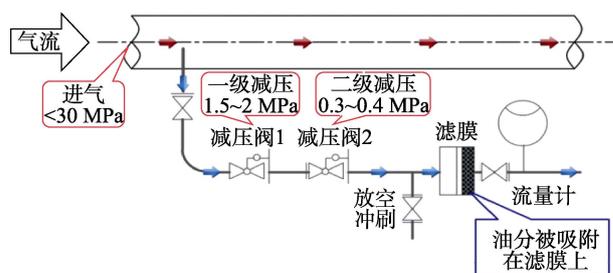


图1 减压取样

正式取样前,连接好取样设备,通过旁路冲刷放空3 h,其目的是让整个检测管线内壁含油状态达到

饱和，避免因内壁对含油天然气油量的吸附作用使实验结果出现误差。然后缓慢打开取样阀，含油天然气经过滤膜，计量取样。天然气进气压力为 20 MPa，通过一级减压阀减压至 2 MPa，二级减压阀减压至 0.3~0.4 MPa。取样流量为 18~20 L/min，取样时间为 30~50 min。除油器前后两检测点同时进行取样。

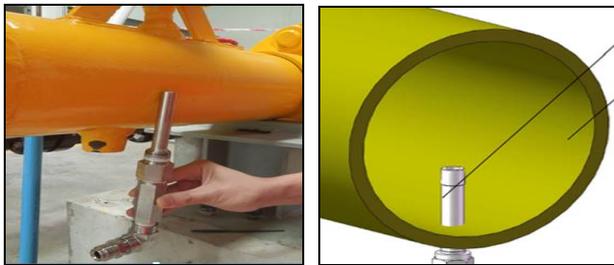


图 2 取样管取样位置（管道中部）

2.2 萃取检测

将油分试样取出，放入萃取烧杯中，用量筒量取萃取剂，放入烧杯中。放置一段时间，使萃取剂充分萃取油分。充分萃取后，将含油萃取剂倒入量筒中，用萃取剂稀释。将稀释后溶液倒入比色皿中，然后将比色皿放入基于红外分光光度法的油分浓度分析仪中，从而测量得到高压天然气的含油量。萃取检测过程如图 3 所示。

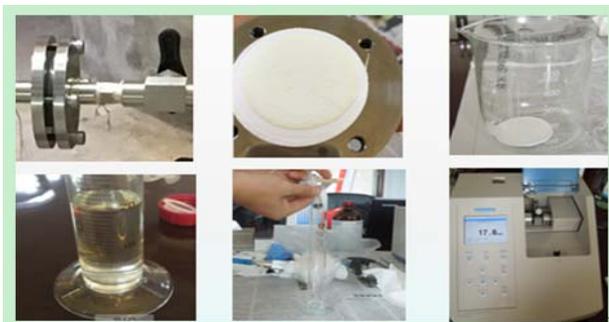


图 3 萃取检测过程

2.3 除油效果评估

在除油器前后两端以相同方式安装油分取样装置，并同时采集。使用相同萃取剂与油分浓度分析仪，使用相同方法测定，并对比除油器前后端高压天然气的油含量，以此来评估除油器的除油效果。除油器前后端取样点安装如图 4 所示。

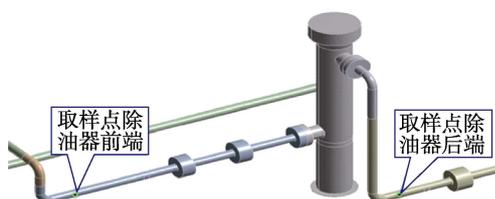


图 4 除油器前后端取样点

3 现场应用

根据重庆市相国寺储气库除油器现场流程及注气要求，测定压缩机出口和除油器出口的天然气中的含油量是判断除油器处理是否达标的一个重要指标。以重庆市相国寺储气库除油器为对象，根据检测需求优选检测仪器，同时根据减压取样—萃取检测—除油效果评估的检测流程对除油效果进行相关测试与分析。

3.1 检测仪器

为准确检测天然气中的含油量，选用 HORIBA OCMA-555 的红外分光光度油分浓度分析仪。该分析仪量程为 0~200 mg/L，精度误差为 0.1 mg/L，满足检测基本需求，萃取剂采用油份抽出专用溶媒——H-997，其具有无毒、沸点高、不易燃、与天然气不相溶等优点，是配套的最佳吸收溶剂。分析仪如图 5 所示。



图 5 油分分析仪

如图 6 所示，玻璃纤维萃取滤膜呈化学惰性，不含粘合剂，采用 100% 硼硅酸玻璃纤维制造而成。具有毛细纤维结构，能吸附比同等纤维素滤纸更多的水分，流速快，耐高温，安装于除油器前后的取样检测点。比色皿用来装样品液，与上述油品分析仪配套使用。为保证测量准确，比色皿两透光面需保持平行，保证入射光垂直于透光面^[9]。



图 6 玻璃纤维萃取滤膜与检测比色皿

3.2 检测结果分析

针对重庆市相国寺储气库除油器设计的检测现场如图 7 所示。现场检测工况见表 1，检测结果见表 2。

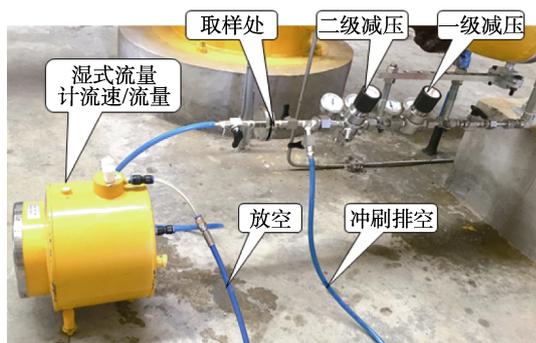


图7 现场检测

表1 现场检测工况

除油器编号	进气压力 /MPa	一级减压 压力/MPa	二级减压 压力/MPa	进气温度/°C	取样流量/L
4#	23.64	2	0.36	39	655
5#	24.06	2	0.36	39	692
6#	23.19	2	0.36	39	723
7#	23.85	2	0.36	39	710
8#	23.85	2	0.36	39	721

表2 现场检测结果

除油器/机组	4号 机组	5号 机组	6号 机组	7号 机组	8号 机组
天然气除油器前/($\times 10^{-6}$)	10.1	10.6	9.7	12.9	14.3
含油量除油器后/($\times 10^{-6}$)	8.5	9.1	7.7	11.4	12.1
除油效率/%	15.8	14.2	10.3	11.6	15.4

通过对4—8号机组运行工况下除油器的除油效果进行检测,在该测试工况运行条件下,除油器有一定除油效果,但除油效率较低。通过除油器后的压缩天然气含油量较高,体积分数最小值为 7.7×10^{-6} ,最高值为 12.1×10^{-6} ,远超除油器技术协议规定的 4×10^{-6} 。检测结果表明,除油器出口端含油量超过设计指标2~3倍,除油效果较差。相国寺储气库单台压缩机每天消耗润滑油44L,增压处理气量 $160 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。通过计算,每方天然气含油量(体积分数)为 12.0×10^{-6} ,与检测结果比较接近,检测结果可靠。

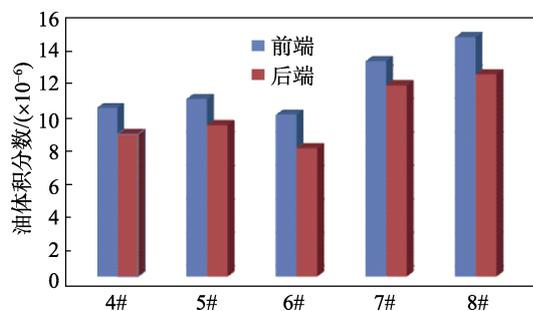


图8 除油器进出口含油检测结果对比

对相国寺储气库除油器结构进行分析,除油器设置6组聚结滤芯,经计算,聚结滤芯表面过滤含油天

然气流速约为 0.0782 m/s ,超过SY/T 6883-2012《输气管道工程过滤分离设备规范》^[10]规定的滤速(0.06 m/s)。因此造成聚结滤芯聚结功能降低,过滤效率不能达到设计指标,进而造成除油器出口端含油量超标。

4 结论

1) 国内外少有提出对压缩机组增压后天然气含油量系统的检测方法,文中基于此提出了减压取样、萃取检测的天然气含油量检测方法,并进行了现场试验。试验结果表明,该方法可以准确测定高压天然气的含油量。

2) 通过现场检测得出,目前使用的除油器的除油效率普遍较低,其平均值为13.46%,不足以达到除油器技术协议的规定值。

3) 将所提油量检测方法用于除油效果评估,现场试验验证了其可行性。通过对除油器结构分析及天然气流速计算,得出出口端含油量超标的原因。

参考文献:

- [1] 李大明, 靳永贵. 压缩空气系统含油量控制要点及警示[J]. 压缩机技术, 2016(5): 50-52.
- [2] 刘伟. 新型天然气除油器[J]. 油气田地面工程. 2009, 28(9): 89-89.
- [3] 陈鹰, 沈斌. 气体中油含量测定方法的研究现状[J]. 低温与特气, 2009(4): 11-14.
- [4] TANG S L, ZHANG Y, ZHONG S, et al. A Novel Infrared Spectrophotometric Method for the Rapid Determination of Petroleum Hydrocarbons, and Animal and Vegetable Oils in Water[J]. 中国化学快报(英文版), 2012, 23(1): 109-112.
- [5] 李亮, 陈立功, 向硕, 等. 水体中含油量测定技术与研究进展[J]. 环境卫生工程, 2014, 22(5): 22-24.
- [6] 王国军. 红外分光光度法测定水和废水中油类的改进[J]. 四川环境, 2010, 29(1): 26-28.
- [7] 刘再华, 刘艳英, 秦龙. 气体中微量油分析方法研究[J]. 化学分析计量, 2004, 13(2): 28-30.
- [8] 刘中海, 尹建平, 张国玉, 等. 除油装置在聚氯乙烯行业中的应用[J]. 中国氯碱, 2016(3): 34-35.
- [9] 李志杰, 杜红娟. 高压机出口气体除油技术的改进[J]. 化肥设计, 2006, 44(2): 49-49.
- [10] 颜达峰. 城市高压天然气管网风险评估系统管理研究[D]. 杭州: 复旦大学, 2011.
- [11] 许光, 李俊杰, 张卫华, 等. 油气回收吸附材料性能研究[J]. 安全健康和环境, 2013, 13(8): 43-46.
- [12] 夏友谊, 万军民. 新型纤维素基螯合纤维的制备与吸附性能[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009(12): 215-217.
- [13] 王华, 许晶. 红外分光光度法测定水质中石油类[J]. 山东冶金, 2012, 34(3): 44-45.
- [14] 肖志敏. 红外分光测油仪软件系统设计[D]. 武汉: 华中科技大学, 2014.