

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2024.07.003

在线甲烷分析仪 在管道内甲烷含量监测中的应用探究

赵 波, 巫鹏航, 赵贵龙
合肥合燃华润燃气有限公司

摘 要: 在天然气管道日常隐患消缺施工和在新建天然气管道投产前甲烷置换作业过程中, 都离不开对天然气管道内甲烷含量的监测, 通常燃气公司的监测方式多为员工手持泵吸式甲烷分析仪现场检测并记录, 但这种方式存在人为操作误差大、监测数据无法很好的实现信息化管理等情况。本文设计了一套在线甲烷分析仪, 利用减压阀直连管道实现承压取样气检测分析管道内气体甲烷含量, 同时数据可实时通过4G网络上传SCADA系统完成监测数据的存储、展示、预警、报警功能, 为城市燃气管道施工作业中甲烷含量实时监测提供更加精准、安全、便捷服务, 同时也能帮助提升监测数据信息化管理水平。

关键词: 天然气管道; 在线甲烷分析仪; SCADA系统; 信息化管理

1 引言

《“十四五”现代能源体系规划》要求提升天然气的储存和供应能力, 注重能源安全的落实。天然气的产量逐步提升, 也加快了天然气管线的建设速度, 同时随着城市的高速发展, 原先设计的管线已然与城市发展建设存在“冲突”, 管线的迁改和隐患消缺作业逐年增多。需要施工改造的天然气管道和即将建设投产的天然气管道在置换、施工过程中, 需要实时监测管道中的天然气含量, 防止因天然气渗透泄漏至作业区引起火灾, 甚至爆燃^[1]。新建的天然气管道在投产前需要甲烷置换氮气作业, 在甲烷-氮气气柱推进的过程中, 需要一直监测管道内甲烷的含量, 合格之后停止放散, 减少天然气的浪费和周边环境的污染^[2]。目前, 在天然气管道的置换、施工作业过程中的甲烷含量监测的方式多为员工手持泵吸式甲烷分析仪, 这种泵吸式甲烷分析仪是非承压式, 对取样口的

样气采集分析存在很大的人为操作误差, 采集过程费时费力。本文设计的在线甲烷分析仪可方便安装在1.6MPa压力等级的天然气管道隐患消缺施工作业现场, 实现对待测管道内甲烷含量精准监测, 监测数据可发送到SCADA系统上展示、储存, 提升天然气管道置换、施工作业中监测数据信息化管理水平。

2 在线甲烷分析仪

2.1 系统构成

在线甲烷分析仪的系统构成包括承压金属软管、减压阀、甲烷检测分析仪、4G无线通讯模块、流量调节装置、放散软管(含阻火器), 系统构成如图1所示。

2.2 系统原理

(1) 工作原理

系统从待测带压天然气管道取气经承压金属软管连接减压阀, 将待测气体降压处理, 降压后的气体通

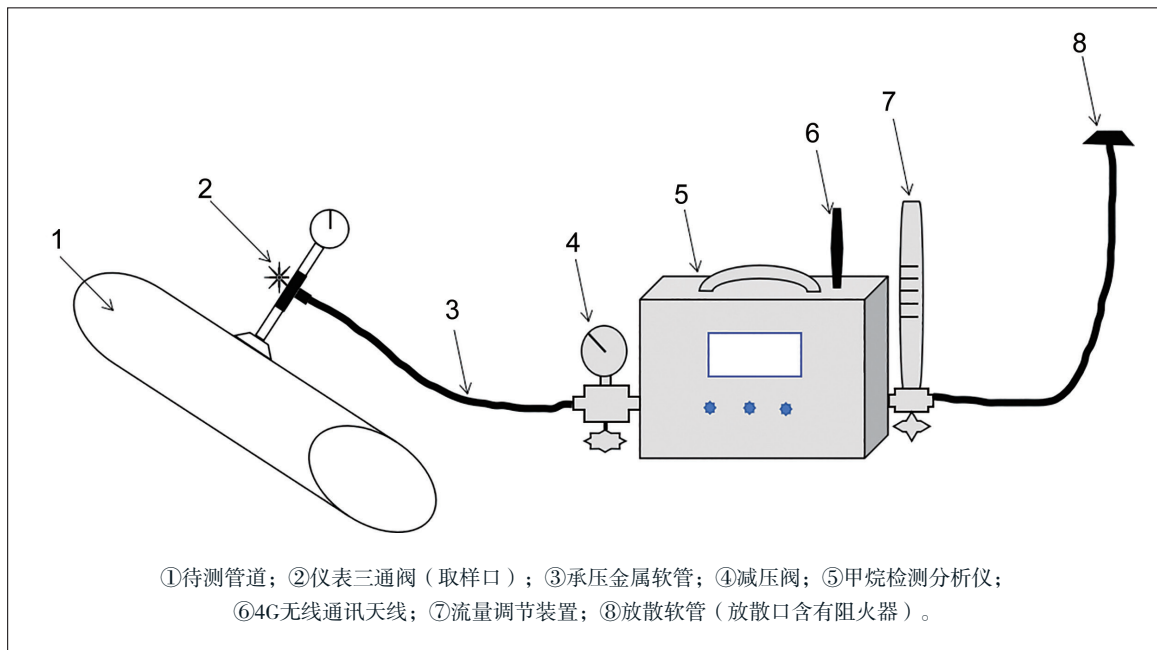


图1 在线甲烷分析仪系统构成示意图

过流量调节装置进行流速控制，甲烷检测分析仪使用激光吸收光谱技术对流过气体进行甲烷含量检测分析，分析后的气体通过放散软管经阻火器排放，分析得出的数据可在在线甲烷检测分析仪本体设备上显示，同时也可通过4G无线通讯模块将甲烷含量数据上传系统服务器，在SCADA平台系统上对检测数据进行记录、存储、监视，并完成超限值预警、报警功能。在线甲烷分析仪系统结构简单，性能可靠，移动性强，可应用在天然气管道置换、隐患消缺施工作业场景中，远程实现对管道内的甲烷含量实时精准监测。

(2) 检测原理

在线甲烷分析仪采用激光光谱气体吸收技术（TDLAS）实现对气体中的甲烷含量进行高精度检测分析^[3]。利用调制的半导体激光源产生一束宽带的激光能量，然后将其送入TDLAS仪器的探测器中，这束激光穿过被测气体时，气体会吸收一部分激光能量，在特定波长范围内，气体分子具有独特的特征吸收峰，产生驱动电流，使激光器发出与气体吸收峰吻合的特定波长的激光，然后对数据进行处理得到被测气体的含量^[4]，这种技术可以检测出极低的气体含量。

TDLAS技术具有高选择性，能够精确分析某一种气体检测而不受其它气体的干扰^[5]；响应速度快，其时间分辨率可以在ms量级，可以极快的速度完成对被

测气体的含量分析^[6]。

2.3 系统特点

(1) 彩色显示屏，丰富的人机交互界面，可显示实时含量、温度和湿度，和配置参数的设定。

(2) 支持红外遥控器，实现在危险场合免开盖进行修改设备ID、修改报警值、查询压强值和湿度值操作等。

(3) 支持三线制4mA~20mA标准信号和标准总线RS485(modbus-RTU)输出及多种开关量报警输出。

(4) 本安电路设计，具有防爆和二级防雷、防静电能力，抗高强度脉冲浪涌电流冲击，具有防反接功能。

(5) 承压检测，系统通过金属承压软管和减压阀直接连到待测管道，检测数据更加精确。

(6) 通用接头设计：系统承压金属软管接头型号与压力表接头保持一致，无需再对原有管道进行改造，可直接从原有压力表螺纹位置连接承压金属软管，对于制式不一样的螺纹接头可通过转接头实现连接。

3 在线甲烷分析仪的应用

(1) 安全隔离区的甲烷含量监测应用场景
在某燃气管道隐患消缺施工项目中，管道动火作

业属于高风险作业之一,为了更好地保证施工作业安全,根据CJJ 51-2016《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》要求,需要对施工作业区上下游的燃气管道设置充氮的安全隔离区。同时为了防止因阀门内漏等原因造成天然气进入施工作业区域引发火灾、爆燃等情况,还要对充氮的安全隔离区管道内的甲烷实时监测。在线甲烷分析仪安装在充氮的安全隔离区管道上,从隔离阀门后端管道压力表处取气监测,以达到对泄漏到安全隔离区的甲烷精确检测,做到早发现、早预警、早管控。现场安装示意如图2所示。



图2 在线甲烷分析仪监测管道内甲烷含量

(2) 甲烷置换氮气作业的应用场景

在燃气管道隐患消缺完成后,根据CJJ 51-2016《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》要求,需要将管道内原有的保护氮气用天然气进行置换。在置换作业的放散点管道上安装在线甲烷分析仪,实时监测放散点管道内的甲烷含量,同时监测数据发送SCADA系统进行数据存储、展示、预警,管理员实时掌握管道内的甲烷置换情况,并在置换合格后及时停止置换,减少天然气放散对周边环境的影响和放散成本。监测数据展示如图3所示。

4 在线甲烷分析仪在应用方面的优势

(1) 降低运营成本

在新建的天然气管道投产前进行天然气置换工作,或者在天然气管道隐患消缺施工过程中,需要对天然气管道进行甲烷含量的监测时,通常采用的检测方式是两位员工手持泵吸式甲烷分析仪间隔一段时间完成一次检测。一次这样的施工大概需要2天~3天时间,燃气管道需要在作业区域管道的上下游隔离区分别设置观察监测点,则同一个时间点需要4位员工在两处位置进行检测,若采用在线甲烷分析仪采集监测,可减少4位员工的派工,大大减少了人力成本投入。



图3 SCADA系统实时展示在线甲烷分析仪数据

(2) 提高监测效率

在线甲烷分析仪能够连续不断地监测燃气管道中的甲烷含量,实时提供监测数据,减少等待时间,使管理者能够迅速了解甲烷含量的变化情况。在线甲烷分析仪能够实现自动化数据采集,自动记录、存储和分析数据,避免手动记录数据的繁琐过程,减少了人为错误,提高数据处理的效率。在线甲烷分析仪能够多点监测,部署在多个位置,提高了监测的覆盖面和效率。在线甲烷分析仪能够智能分析与预警,根据预设的阈值进行预警,帮助管理者及时发现潜在问题,减少人工监控的需求,提高监测效率^[7]。在线甲烷分析仪能够实现远程监控与后台数据管理,使得管理者可以远程监控和数据查看,这种远程管理方式可以节省人力成本,提高管理效率。

(3) 提高监测准确性

相对于员工手持泵吸式甲烷分析仪在采样口常压取气监测甲烷含量,在线甲烷分析仪气体进口安装有减压阀,可直连管道承压取样采集,采集数据更加准确。同时,传统的泵吸式甲烷分析仪在取气采样的时候,存在人为采样操作不规范导致误差较大的可能性。在线甲烷分析仪采用激光光谱气体吸收技术,甲烷测量误差可达到 $\pm 0.05\%$ 。

(4) 实现数据信息化管理

在信息化高速发展的今天,城市燃气管网监测技术还是或多或少的存在依赖于人工检测的方式,而在使用了在线甲烷分析后,能够让这类施工改造工程中的燃气管道甲烷含量监测数据实现信息化管理。在线甲烷分析仪通过实时监测安全隔离区域燃气管道内的甲烷含量,并将数据传输到系统服务器中,可以实现以下监测数据信息化管理方面的优势:

数据实时性:通过在线甲烷分析仪的实时监测,可以确保数据的实时性,使管理单位能够及时掌握管道内的甲烷含量变化,从而提前采取相应的措施。

数据可视化:通过信息系统,可以将甲烷含量的实时监测数据以图表、报表等形式展示出来,方便企业直观地了解环境中的甲烷含量变化。

数据存储与分析:信息系统可以将监测数据存储于数据库中,方便管理单位进行历史数据的查询和分析。通过对历史数据的分析,可以发现甲烷含量的变化规律,为管理单位的决策提供数据支持。

预警与报警:通过设定阈值,当甲烷含量超过设定值时,信息系统可以发出预警或报警,提醒管理单位采取相应的措施,从而避免可能存在的安全隐患。

5 总结

燃气行业是一个安全生产的高危行业,电子化高速发展的今天,将科技应用与燃气行业安全生产紧密结合,能够最大限度的在减少人力成本的基础上保障生产安全。在线甲烷分析仪在燃气管道置换作业、隐患消缺的全过程甲烷含量监测方面,利用信息化思维、严抓燃气管道危险作业安全管理的薄弱点,将燃气管道内的甲烷含量监测变得更加安全、智能、高效、便捷。在线甲烷分析仪具有高精度、密集检测频率、高准确性、降低人工投入等优点,是传统人工手持泵吸式甲烷分析仪无法相比的,对于提高燃气管网施工过程中的管道内甲烷含量实时监测系统的信息化水平建设具有实际意义。

参考文献

- [1] 张俊卿. 城市天然气管道泄露危害及预防措施[J]. 中国新技术新产品, 2020, (10): 141-142. DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2020.10.061.
- [2] 李孛, 孙齐, 王建良, 等. 天然气行业甲烷排放及其减排应对现状: 基于文献调研的分析[J]. 中国矿业, 2023, 32(01): 23-32+51.
- [3] 梁运涛, 陈成锋, 田富超, 等. 甲烷气体检测技术及其在煤矿中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(04): 40-48. DOI:10.13199/j.cnki.est.2021.04.005.
- [4] 王燕灵. 宽动态范围气体传感器信号采集电路的研究[D]. 西安理工大学, 2018.
- [5] 王金成, 梁运涛, 田富超. TDLAS气体检测技术研究现状及其在煤矿中的应用[J]. 煤矿安全, 2022, 53(11): 98-102. DOI:10.13347/j.cnki.mkaq.2022.11.017.
- [6] 卢伟业, 朱晓睿, 李越胜, 等. TDLAS直接吸收法和波长调制法在线测量CO₂的比较[J]. 红外与激光工程, 2018, 47(07): 155-160.
- [7] 韩锦涛. 激光甲烷传感器在瓦斯抽放管道在线监测的实践应用[J]. 内蒙古石油化工, 2023, 49(08): 6-8+25.