

激光甲烷泄漏监测技术在天然气行业中的应用

Application of laser methane leakage monitoring technology in natural gas industry

刘贝贝 (山东省天然气管道有限责任公司, 山东 济南 250000)

Liu Beibei(Shandong Province Natural Gas Pipeline Co., Ltd Shandong jinan 250000)

摘要: 随着企业及社会对天然气行业安全及环保的日益重视,天然气场站及管道的安全巡检,尤其是泄漏检测越来越显得重要。本文通过激光甲烷检漏技术的原理阐述,根据其特点分析出了其在天然气等易燃易爆行业的优势,本文介绍了激光甲烷检漏技术在天然气行业中的应用,包括激光云台、手持式、点型、车载式、无人机式等众多模式,同时本文对比了该技术与传统的催化燃烧式、电化学式、红外式等甲烷检漏方式的优缺点。结论:基于TDLAS技术发展而来的激光甲烷检漏技术,能够在各种环境(尤其是高温、高压、高粉尘、强腐蚀等恶劣环境下)进行甲烷泄露量的在线测量,并具有准确性高、响应速度快、可靠性高、运行费用低等特点,可以提供多种场景测试,同时较传统检漏技术具有显著的优势,势必会在天然气化工等行业得到更加广泛的应用。

关键词: 激光检漏; 甲烷泄漏; 天然气; TDLAS 技术

Abstract: With the increasing attention of enterprises and society to the safety and environmental protection of the natural gas industry, the safety inspection of natural gas stations and pipelines, especially leakage detection, is becoming more and more important. This paper expounds the principle of laser methane leak detection technology, and analyzes its advantages in flammable and explosive industries such as natural gas according to its characteristics. This paper introduces the application of laser methane leak detection technology in natural gas industry, including many modes such as laser PTZ, handheld, point type, vehicle mounted, unmanned and so on. At the same time, this paper compares this technology with traditional catalytic combustion, electrochemical Advantages and disadvantages of infrared and other methane leak detection methods. Conclusion: the laser methane leak detection technology developed based on TDLAS technology can measure methane leakage online in various environments (especially in harsh environments such as high temperature, high pressure, high dust and strong corrosion). It has the characteristics of high accuracy, fast response speed, high reliability and low operation cost. It can provide a variety of scene tests. At the same time, it has significant advantages over the traditional leak detection technology, It is bound to be more widely used in natural gas, chemical industry and other industries.

Key words: Laser leak detection; Methane leakage; natural gas; TDLAS Technology

1 引言

现在天然气行业应用最多的各类检漏仪都要求探头置于有燃气的环境中,与天然气直接接触,而现场常遇到管道或设施难以到达,甚至不能到达规定的要求,这就要求新的检漏技术能够有效克服上述难点,因此激光甲烷泄漏监测技术应运而生。激光甲烷检漏技术(基于TDLAS技术)在天然气行

业中针对甲烷泄漏检测分析中的应用越来越多,该技术在扩散式气体检测仪表领域内将彻底解决传统气体检测仪表的零点漂移,量程漂移,中毒失效以及干扰气体影响等问题。

2 激光甲烷泄漏检测技术的原理及应用

2.1 激光甲烷检漏技术的原理

激光甲烷检漏技术是基于可调谐激光光谱吸收

(TDLAS) 原理而研发的一款新型气体探测技术, 通过分析吸收气体后的反射光来测量气体浓度的一种方法。在使用 TDLAS 的技术原理进行测量的时候, 二极管激光器输出特定波长的范围内的窄带激光。通过对激光器的调制, 波长覆盖被测气体的吸收峰。通过对比吸收峰的强度与原始光强, 可以计算出气体浓度。基本原理: Lambert-Beer 定律。单一频率的辐射光通过待测气体后, 其强度会因分子吸收而衰减。

$$I(\nu) = I_0(\nu) \exp[-\sigma(\nu)NL]$$

其中 I_0 为没有气体吸收时的激光强度, L 为总的气体吸收光程, N 为吸收气体的浓度, $\sigma(\nu)$ 为分子的吸收截面, 是吸收线强与线型函数的积, 与压力和温度有关。通过单一窄带的激光频率扫描一条独立的气体吸收线后拟合得到 $I(\nu)$, 并根据气压、温度等因素确定 $\sigma(\nu)$, 进而可以确定激光路径上的气体平均浓度。其原理图如下所示:

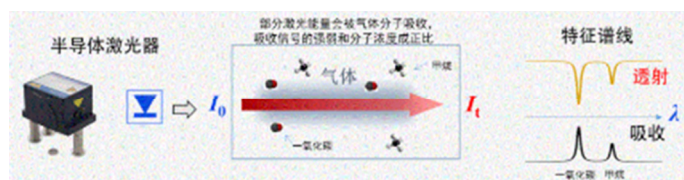


图 1 TDLAS 的工作原理图

激光束由探测器发出后, 穿越一定的空间, 射到另一端的目 标 (如墙, 树或柱子等) 上, 部分被目标反射回到探测器。被反射的光被收集起来并被转换成电信号。这些电信号用来分析甲烷的浓度。通过采用波长调制激光吸收光谱技术, 该探测器达到极高的灵敏度。某一波长的光只被甲烷吸收, 因此大大提高了监测的准确性。

2.2 激光甲烷检漏技术的应用

该技术 (基于 TDLAS 技术) 目前主要应用在天然气站场 (例如: 加气站、调压站、分输站等), 可以根据不同的工作场景、检漏方式和要求, 结合不同的载体, 可以提供不同的检漏手段, 有效解决各类传统检漏方式无法处理的问题和难点。下面简单介绍一下目前激光甲烷泄漏检测技术在工业领域的有效应用情况 (见图 2)。

2.2.1 云台扫描式激光甲烷遥测仪

云台扫描式激光甲烷遥测仪产品适用于各种类型的燃气站场, 对站场的各种设施进行 24h 不间断扫描监测, 加大站场的安全监控力度, 提高安全管理高度。系统具备高稳定性、高可靠性、高使用寿命, 满足少人站场或无人站场的天然气输送管

道站场发展趋势, 也从根本上杜绝站场的安全隐患。其特点: ① 360 度全方位扫描, 最远监测距离 100m; ② 超高精度 (ppm·m 级别灵敏度); ③ 24h 全天候检测, 全程自动, 无需人工; ④ 完整的甲烷检测信息系统。



图 2 激光甲烷泄漏检测技术的应用场景

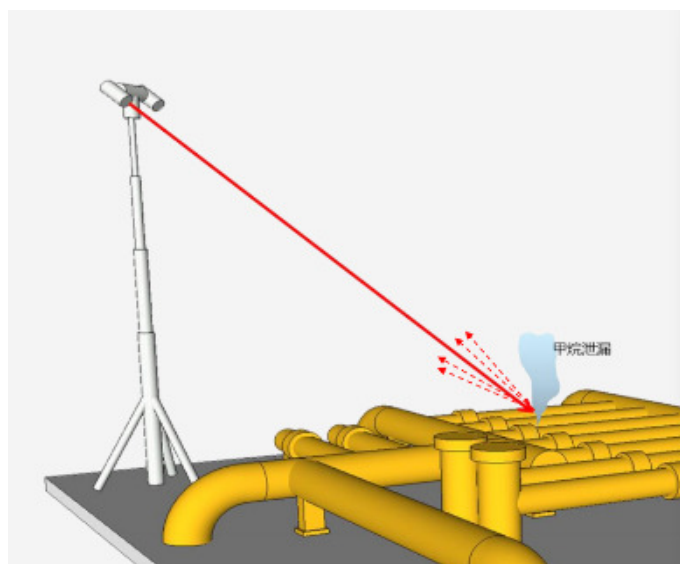


图 3 云台扫描式激光甲烷遥测仪示意图

2.2.2 手持式激光甲烷检测报警仪

手持式激光甲烷检测报警仪是一款直接测量甲烷气体浓度的遥测仪。可对开放空间内的甲烷浓度进行检测, 一旦浓度超标, 现场报警。可以对不易进行固定式甲烷检测的区域进行现场检测。也可随身携带, 一旦浓度超标, 直接报警, 保证燃气站

的安全。其特点：超高精度（可达 5ppm · m 级别灵敏度），测量范围广（0~99999ppm · m），测量距离远（> 80m）响应时间短（≤ 0.1s）。

2.2.3 点式激光甲烷探测器

点式激光甲烷探测器是一款点式测量甲烷气体浓度的探测器。实时检测环境甲烷气体浓度值，为管廊及电力隧道提供安全保障的设备。其特点：①测量范围大，满量程检测；②可靠性高，不会漂移、中毒、饱和；③使用寿命长、免维护、无需频繁校准；④响应速度快，ms 级；⑤选择性高，不受其他气体交叉干扰；⑥安全系数高，非接触式检测。

除上述应用外，激光甲烷泄漏检漏技术还在不同场景、不同方式有了较好的应用：

技术	方式	名称	应用描述
激光甲烷泄漏检测技术	开路式	云台扫描式激光甲烷遥测仪	可 360° 旋转，检测范围区域内甲烷泄漏，检测距离长。
		线型光束可燃气体探测器	固定安装，长距离检测。定性分析检测区域内的甲烷浓度。
	手持式	手持式激光甲烷检测报警仪	测量距离 80m，连续检测 8h，可充电
	机载	机载式激光甲烷遥测仪	可搭载无人机，到人员不好到达的地方巡检
	车载	车载式激光甲烷遥测仪	搭载移动平台，可快速的巡检
	点式	激光甲烷探测器	固定安装，安装区域范围内甲烷浓度检测
		可燃气体智能监测仪	无需供电，寿命长达 3 年，城市地下管网可燃气体智能监测设备。

3 激光甲烷检漏技术的优势

基于 TDLAS 技术的原理和优势，在众多的应用案例中证明，激光甲烷检漏技术相对于传统的电化学、燃烧催化和红外式传感等存在以下的优势：①测量范围大，满量程检测；②可靠性高，不会漂移、中毒、饱和；③主动式检测，24h 在线；④使用寿命长、免维护、无需频繁校准；⑤响应速度快，ms 级；⑥选择性高，指纹特性，不受其他气体交叉干扰；⑦安全系数高，非接触式检测；⑧

稳定性高，使用寿命长。

检测方式	灵敏度	可靠性	气体选择性	响应速度	稳定性	使用寿命	量程范围	维护保养
催化燃烧式	一般	一般	一般	≤ 30s	一般	1-2 年内	小	易漂移，需经常性标定
电化学式	一般	一般	一般	≤ 30s	一般	1-2 年	小	易漂移，6-12 个月标定一次
红外式	高	高	一般	≤ 10s	好	3-5 年	较大	每年标定
			(易受水汽干扰)					
激光式	最高	最好	最好	≤ 1s	最好	5-10 年	大	无漂移
			(无干扰)					免维护

4 结论

随着国家和社会对天然气行业安全运行监管力度的加大，提升天然气行业检漏技术的有效性和安全性势在必行。基于 TDLAS 技术发展而来的激光甲烷检漏技术，能够在各种环境（尤其是高温、高压、高粉尘、强腐蚀等恶劣环境下）进行甲烷泄露量的在线测量，并具有准确性高、响应速度快、可靠性高、运行费用低等特点，为生产优化、能源回收、安全控制、环保监测和科研分析带来方便，势必会在天然气化工、环境保护等行业得到更加广泛的应用。

参考文献：

[1] 梁光清. 基于激光甲烷检测技术的危险源气体监控终端的设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2021(01): 108-111.

[2] 马京. 无线激光甲烷传感器的设计研究 [J]. 煤矿现代化, 2020(04):108-110.

[3] 赵宏发, 刘晓鹏. 多种先进检测设备在天然气管网漏点检测中的运用 [J]. 辽宁科技学院学报, 2013,15(03):12-14.

[4] 韩小磊. 基于 TDLAS 的天然气泄漏检测技术研究 [D]. 青岛: 中国石油大学, 2010(03).