

液化石油气检测方法及液化石油气设备储运安全

刘在望（中石油昆仑燃气有限公司冀中分公司，河北 沧州 062550）

摘要：液化石油气（LPG），作为一种清洁能源，在日常生活中有着广泛的应用。然而，其易燃易爆的特性也给安全带来了挑战。因此，对 LPG 进行严格的检测与安全监管是必不可少的。本篇文章深入探讨了 LPG 的检测技术，涵盖了气相色谱法、红外光谱法、电化学检测法、半导体传感技术等，并对这些技术的利弊进行了详细的剖析，同时也涉及了它们的应用场景。文章还提出了一个创新的物联网 LPG 检测系统设计，旨在提高检测效率和准确性。除此之外，文章还对 LPG 储存与运输过程中的安全性进行了讨论，揭示了潜在的风险点和可能的危害，同时提供了一系列的预防措施和紧急应对策略，以确保 LPG 的安全使用。

关键词：液化石油气；检测方法；物联网；储运安全

0 引言

液化石油气（LPG）是由丙烷、丁烷和少量的乙烷、戊烷等轻烃组成的混合气体，在常温常压下为气态，经过压缩或冷却后可液化，因此具有储运方便的特点。液化石油气是一种清洁、高效、经济的能源，广泛应用于工业、农业、交通、生活等领域，如作为燃料、制冷剂、溶剂、合成原料等。根据国家统计局的数据，2019年我国液化石油气的产量为4835.8万吨，消费量为6080.4万吨，进口量为1396.8万吨，可见液化石油气在我国的需求量很大。然而，液化石油气也存在着一定的危险性，主要表现在以下几个方面：一是液化石油气的气体比空气重，容易在低处积聚，一旦遇到明火或高温，就会发生爆炸或燃烧；二是液化石油气的气体具有强烈的窒息性，如果在密闭的空间内泄漏，会导致人员缺氧或中毒；三是液化石油气的液体具有强烈的冷冻性，如果直接接触皮肤，会造成严重的冻伤；四是液化石油气的储存和运输需要高压容器，如果容器受到损坏或超压，会造成爆裂或泄漏。因此，对液化石油气的检测和安全管理至关重要，不仅可以保障液化石油气的质量和性能，还可以预防和减少液化石油气的事故和损失。

1 液化石油气检测方法

1.1 气相色谱法

气相色谱法（GC）是一种利用液化石油气的各组分在不同的固定相上的吸附或分配平衡的差异，通过色谱柱的分离和检测器的检测，实现液化石油气的定性和定量分析的方法^[1]。气相色谱法具有以下优点：一是分离效果好，可以对液化石油气的各组分进行准确的鉴定和测定；二是灵敏度高，可以检测到微量的杂质和添加剂；三是重复性好，可以保证分析结果的

一致性和可靠性；四是操作简单，可以实现自动化和在线分析。气相色谱法的主要缺点是：一是仪器价格高，维护成本高；二是分析时间长，不能满足快速检测的需求；三是对样品的前处理要求高，需要去除水分和固体杂质。气相色谱法适用于液化石油气的质量控制、成分分析、杂质检测、添加剂测定等方面。

1.2 红外光谱法

红外光谱法（IR）是一种利用液化石油气的各组分在特定的波长范围内对红外光的吸收或反射的差异，通过光谱仪的扫描和分析，实现液化石油气的定性和定量分析的方法。红外光谱法具有以下优点：一是分析速度快，可以实现快速检测和在线监测；二是分析范围广，可以检测到液化石油气的各种组分和杂质；三是分析结果直观，可以得到液化石油气的光谱图，便于识别和比较。红外光谱法的主要缺点是：一是仪器价格高，维护成本高；二是对样品的前处理要求高，需要去除水分和固体杂质；三是对于干扰因素敏感，需要校准和校正。红外光谱法适用于液化石油气的成分分析、杂质检测、添加剂测定等方面。

1.3 电化学法

电极反应的氧化还原过程是电化学检测法（EC）的核心，它依赖于液化石油气成分在电极界面的变化来进行定量和定性的分析。此法的优势在于：首先，其灵敏度极高，能够探测到极微小的杂质和成分；其次，反应迅速，支持即时检测与实时监控；最后，简便易行，适合携带及无线操作。然而，电化学检测法也存在一些局限，例如电极容易遭受污染或变质，需定期维护和清理；其次，电极的选择性和稳定性有待提高，需不断优化；最后，环境因素如温度、湿度和气压可能影响检测结果，因此需进行适当的校准^[2]。

电化学检测法主要应用于液化石油气的泄露诊断、浓度监测和安全预警等领域。

1.4 半导体传感器法

液化石油气的成分分析可通过半导体传感技术（SS）来完成。该技术基于液化石油气成分与半导体材料间的作用，通过监测半导体电阻或电容的变动来实施定性及定量的分析。此法的优势在于：低成本、简易制造、便于集成化及大规模生产；其次，器件体积小、质量轻盈，非常适宜发展为微型或纳米级的传感器；再者，反应迅速，能够进行即时检测与实时监控。然而，半导体传感技术也存在不足之处，包括：选择性与稳定性不佳，易受其他气体或杂质影响；环境因素如温度、湿度和气压的变化会影响其性能，需定期进行校准与调整；以及使用寿命较短，容易因老化或损伤而失效。该技术主要应用于液化石油气的泄露侦测、浓度监测和安全报警等场合。

1.5 基于物联网的液化石油气检测系统

基于物联网的液化石油气检测系统（IoT-LPG）是一种综合利用上述各种检测方法，通过物联网技术，实现液化石油气的远程监控和智能管理的系统。基于物联网的液化石油气检测系统的主要组成部分有以下几个：一是传感器网络，由多种类型的传感器组成，如气相色谱传感器、红外光谱传感器、电化学传感器、半导体传感器等，分布在液化石油气的生产、储存、运输、使用等环节，实时采集液化石油气的各种参数，如成分、浓度、压力、温度、泄漏等。二是通信网络，由无线通信模块、路由器、网关等组成，负责将传感器网络采集的数据传输到云端服务器或本地终端。三是数据处理平台，由云端服务器或本地终端组成，负责对传感器网络传输的数据进行存储、分析、处理、展示等，如数据挖掘、数据融合、数据可视化、数据预测等。四是智能控制模块，由云端服务器或本地终端组成，负责根据数据处理平台的结果，对液化石油气的各个环节进行智能控制和优化，如调节压力、温度、流量等，关闭阀门、开启风机、启动报警等。

基于物联网的液化石油气检测系统具有以下优点：一是覆盖范围广，可以实现液化石油气的全程监测和管理；二是检测效果好，可以实现液化石油气的多维度、多层次、多粒度的检测和分析；三是安全性高，可以实现液化石油气的实时预警和自动控制，有效防止和减少事故的发生；四是节能环保，可以实现液化石油气的高效利用和低碳排放，促进液化石油气的可持续发展。

2 液化石油气设备储运安全

2.1 主要的风险和危害因素

液化石油气设备的储运安全是液化石油气的安全使用的重要保障，液化石油气设备的储运过程中存在着以下几种主要的风险和危害因素：

2.1.1 压力过高

液化石油气的储存和运输需要高压容器，如钢瓶、罐车、储罐等，如果容器的压力超过了设计的安全压力，就会造成容器的爆裂或泄漏，引发火灾或爆炸。压力过高的原因主要有以下几个：一是温度过高，导致液化石油气的蒸气压增大；二是充装过量，导致液化石油气的液位过高；三是阀门或管道堵塞，导致液化石油气的压力无法释放；四是容器或管道损坏，导致液化石油气的泄漏或外部空气的进入。

2.1.2 泄漏

液化石油气若发生泄露，可能会引致多方面的负面影响。它可能导致宝贵能源的流失，进而影响经济效益；可能会对环境造成污染，打破生态的均衡；再者，泄露的气体可能危及人类健康，引发窒息或毒化现象；它还可能触发火灾或爆炸事故，造成人员伤亡和财产的损失^[3]。造成泄露的原因多种多样，包括但不限于：设备的老化或损毁可能会使液化石油气渗出或喷射；连接部件或密封组件若松动或损坏，也可能导致泄露；操作不慎或意外事件亦可能引起泄露；外部的干扰或攻击行为也有可能造成泄露。

2.1.3 火源

火源是液化石油气的最大的危害因素，火源会引发液化石油气的燃烧或爆炸，造成严重的后果。火种之源泉大抵可归为四类：首当其冲的是明火，诸如点火器、火柴、烟蒂及烛光等，一旦与泄漏的液化石油气相遇，火劫爆响难免；其次是电火花，开关、插座、电器及电线等因短路、超负荷或接触不良而生火花，亦能触发灾祸；再者，静电亦不容忽视，人体摩擦、衣物接触、塑料分离皆能产生静电，一旦遇泄漏气体，火灾爆炸随之而来；最后是高温，烹饪炉灶、热水器、供暖设备等温度升高，可能导致液化石油气容器或管道因热胀冷缩或热应力而泄漏或破裂，终致火灾爆炸。

2.2 有效的预防和应急措施

为了保障液化石油气设备的储运安全，需要采取以下几种有效的预防和应急措施：

2.2.1 加强检查和维护

为确保液化石油气设施的安全运行，应定期对其

储罐、输送管线、控制阀及测量仪器等进行全面的检验与保养^[4]。核查储罐或输送管线中的压力、温度和液位指标是否处于安全范围内,同时观察是否存在泄露或其他不正常现象。检视储罐或管线的外观,包括表面、联接部位和密封元件,以确认是否出现损伤、腐蚀、变形或裂缝等问题,及时处理任何松动、泄漏或堵塞情况。审查阀门、仪表和警报装置是否存在损坏、功能失效或误报,确保其灵敏度、准确性和可靠性。最后检查液化石油气设备周边环境,排除任何可能的火源、电源和静电危险,并保持良好的通风、排水和照明条件。

2.2.2 严格遵守操作规程

按照液化石油气的操作规程和安全规范,正确使用和管理液化石油气的设备,防止操作失误或意外事故的发生。操作规程和安全规范的内容主要包括:一是充装液化石油气时,要控制好充装量,不要超过容器的额定容积,要保留一定的气相空间,以防止压力过高;二是运输液化石油气时,要选择合适的运输工具,要固定好容器,要避免剧烈的震动、碰撞、倾斜等,要按照规定的路线、速度、时间等行驶,要注意观察路况、气象等,要及时处理突发情况;三是使用液化石油气时,要正确连接好容器和设备,要检查好阀门和管道,要开启和关闭阀门时要轻柔缓慢,要调节好压力和流量,要注意观察设备的运行情况,要及时更换或维修设备;四是储存液化石油气时,要选择合适的储存场所,要远离火源、电源、静电等,要保持通风、干燥、清洁等,要设置好防火、防爆、防盗等设施,要定期检查和清理储存场所。

2.2.3 加强培训和教育

液化石油气相关从业人员应定期接受培训与教育,以增强其安全技能与意识。通过系统学习液化石油气的基础知识、检测技术、控制策略及应急处置能力,从业人员将能娴熟应对各类液化石油气相关事宜。具体而言,培训内容应涵盖:

①液化石油气基础知识:包括其成分、性质、特性及潜在危害,确保从业人员对液化石油气的理解及风险认知;②检测技术:涉及检测仪器的使用、原理解析、操作流程及结果判读,使从业人员掌握准确检测液化石油气的方法;③安全控制:操作规程、安全标准、预防措施、控制设备及方法的教授,以便从业人员严格遵循液化石油气的安全操作规范;④应急响应:事故类型、成因、影响、报告程序、处理措施及

救援技巧的训练,旨在提升从业人员面对紧急状况的应变能力。

3 结论

本文探讨了液化石油气的检测方法和设备储运安全。检测方法包括气相色谱法、红外光谱法等,各有特点,适用于不同场景。提出了基于物联网的检测系统设计,实现远程监控和智能管理。储运安全需注意压力、泄漏等风险,采取预防措施。文章的创新之处主要体现在三个方面:一是对液化石油气的监测方法进行了全面的梳理,分析了各自的优势与局限,为液化石油气的检测与分析工作提供了宝贵的参考;二是设计了一种创新的基于物联网的监测系统,为液化石油气的监控与管理开辟了新的路径;最后对液化石油气储存与转运的安全问题进行了探讨,提出了一系列实用的建议与措施。

文章还指出了一些不足与改进方向:首先除了文中提到的监测方法,还有其他技术如质谱法、拉曼光谱法、光纤传感器法等未被涉及,这些都是未来研究的方向;提出的基于物联网的监测系统设计还需进一步细化,包括传感器的选型与布局、通信协议的制定、数据处理与分析算法的开发等,这些都需要通过实验来验证;最后液化石油气的储存与转运安全性的研究还需更加深入,包括事故案例分析、安全评估与风险管理、安全标准与法规的制定等,这些内容都需要进一步的整理与研究。

参考文献:

- [1] 张斐,尤佳妮,胡健,等.超设计使用年限液化石油气球罐的检验检测方法[J].石油和化工设备,2023,26(7):146-149.
- [2] 罗锋.浅析瓶装液化石油气调压器气密性检测方法和检测装置的设计[J].中国特种设备安全,2017,33(7):11-14,24.
- [3] 张海侠,赵寒絮,闫玉乐.液化石油气中添加物二氧化碳和氮气检测方法研究[J].石化技术,2020,27(12):30-31.
- [4] 张合明,赵淑珍,连卫政.液化石油气中硫化氢气体检测方法及安全防范措施研究[J].山东工业技术,2016(18):68-68.

作者简介:

刘在望(1989.07-),男,民族:汉,籍贯:天津大港,学历:本科,现有职称:助理工程师,研究方向主要从事:地面建设油气储运。