

新时期油气储运安全技术

李蒙奇

湖南荣泰安全环保技术咨询有限公司浙江分公司 浙江 丽水 323000

摘要: 本文聚焦于新时期油气储运安全技术,阐述了油气储运安全的重要性及面临的挑战。详细分析了新时期油气储运过程中的风险因素,包括管道腐蚀、第三方破坏、自然灾害等。深入探讨了先进的油气储运安全技术,如智能监测技术、风险评估与管理技术、泄漏检测与应急处置技术等。通过实际案例分析,展示了安全技术 in 油气储运中的应用效果。最后对未来油气储运安全技术的发展趋势进行了展望,旨在为提高油气储运的安全性提供理论支持和实践指导。

关键词: 新时期; 油气储运; 安全技术; 风险评估; 智能监测

1 引言

油气储运是石油和天然气工业的重要组成部分,它涵盖了油气的储存、运输等多个环节,连接着油气的生产与消费。在新时期,随着全球能源需求的持续增长以及油气资源的不断开发,油气储运的规模日益扩大,其安全性也愈发受到关注。油气具有易燃、易爆、易挥发等特性,一旦在储运过程中发生安全事故,不仅会造成巨大的经济损失和人员伤亡,还会对环境造成严重污染,影响社会的稳定和可持续发展。因此,研究和应用先进的油气储运安全技术,提高油气储运的安全性和可靠性,具有重要的现实意义。

2 新时期油气储运安全的重要性及面临的挑战

新时期油气储运安全至关重要,油气作为关键能源资源,其储运系统是能源供应链重要环节,安全运行能保障能源稳定供应、满足生产生活需求,避免环境污染与生态破坏,还关乎企业经济效益与声誉,利于企业可持续发展。然而新时期也面临诸多挑战,储运规模随油气资源开发力度加大而扩大,管道里程和储罐容量增加,系统复杂性及安全管理难度提升,事故影响和损失也更大;油气资源多分布在地质条件复杂的山区、沙漠、海洋等地,建设和运行面临地震等地质灾害威胁,易引发管道破裂等事故;同时,社会对环保重视度提高,油气储运环保要求更严格,企业需采取更有效的安全技术和措施减少泄漏、降低环境影响。

3 新时期油气储运过程中的风险因素分析

3.1 管道腐蚀

管道腐蚀是油气储运过程中最常见的风险因素之一。油气管道长期埋于地下或暴露在空气中,会受到土壤、水分、氧气、化学物质等因素的作用,发生电化学腐蚀、化学腐蚀等。腐蚀会导致管道壁厚减薄,降低管

道的强度和韧性,增加管道破裂的风险。此外,管道内壁的腐蚀还会影响油气的流动性能,降低输送效率。

3.2 第三方破坏

第三方破坏主要包括施工破坏、打孔盗油、车辆撞击等。施工破坏是指在管道周边进行建筑施工、挖掘等活动时,由于施工方不了解管道位置或未采取有效的保护措施,导致管道被挖断或损坏^[1]。打孔盗油是一种非法行为,不法分子在管道上打孔偷取油气,不仅会造成油气泄漏,还会破坏管道的结构完整性,引发安全事故。车辆撞击主要发生在管道跨越公路、铁路等交通要道时,由于车辆失控或超载等原因,撞击管道支架或管道本体,导致管道损坏。

3.3 自然灾害

自然灾害如地震、洪水、台风、泥石流等对油气储运设施的安全构成严重威胁。地震会导致管道断裂、储罐倾斜或倒塌;洪水会冲毁管道支架、淹没储罐,造成管道漂浮或移位;台风吹倒管道标志桩、损坏管道附属设施;泥石流会掩埋管道,破坏管道的基础。

3.4 设备故障

油气储运设备包括泵、压缩机、阀门、储罐等,这些设备在长期运行过程中,由于磨损、疲劳、腐蚀等原因,可能会出现故障。设备故障会导致油气泄漏、压力异常、输送中断等事故,影响油气储运的正常运行。

3.5 操作失误

操作人员的失误也是引发油气储运安全事故的重要原因之一。操作失误包括违反操作规程、误操作、监护不到位等。例如,在油气装卸过程中,操作人员未按规定控制装卸速度和压力,可能会导致储罐超压破裂;在管道巡检过程中,巡检人员未及时发现管道泄漏等隐患,可能会使事故扩大。

4 新时期先进的油气储运安全技术

4.1 智能监测技术

4.1.1 管道内检测技术

管道内检测技术是利用智能检测器在管道内运行,对管道内壁的腐蚀、裂纹、焊缝缺陷等进行检测和评估。常见的管道内检测器包括漏磁检测器、超声检测器、涡流检测器等。漏磁检测器通过检测管道壁磁场的变化来发现管道缺陷;超声检测器利用超声波在管道壁中的传播特性来检测管道壁厚和缺陷;涡流检测器则通过检测管道壁中涡流的变化来发现管道表面的缺陷。管道内检测技术可以及时发现管道内部的隐患,为管道的维修和保养提供依据。

4.1.2 光纤传感技术

光纤传感技术是一种利用光纤作为传感元件,检测管道周围的温度、应变、振动等参数的技术。通过在管道沿线铺设光纤,可以实时监测管道周围的环境变化和管道的受力情况。当管道发生泄漏时,泄漏点周围的温度会发生变化,光纤传感技术可以及时检测到这种温度变化,并确定泄漏点的位置^[2]。此外,光纤传感技术还可以检测到第三方施工、地震等对管道的振动和应变,为管道的安全运行提供预警。

4.1.3 无人机巡检技术

无人机巡检技术是利用无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备,对油气储运管道、储罐等设施进行巡检。无人机可以快速、高效地覆盖大面积的巡检区域,及时发现管道周边的施工活动、地质灾害隐患以及管道和储罐的泄漏等异常情况。无人机巡检技术不受地形和环境的限制,能够在山区、沙漠、海洋等复杂地区进行巡检,提高了巡检的效率和安全性。

4.2 风险评估与管理技术

4.2.1 定量风险评估技术

定量风险评估技术是一种通过对油气储运系统进行详细的分析和建模,计算事故发生的概率和后果,评估系统的风险水平的技术。定量风险评估技术通常采用故障树分析、事件树分析、蒙特卡洛模拟等方法,对管道腐蚀、第三方破坏、自然灾害等风险因素进行量化评估。通过定量风险评估,可以确定油气储运系统中的高风险区域和关键环节,为制定风险控制措施提供依据。

4.2.2 风险矩阵分析技术

风险矩阵分析技术是一种将事故发生的可能性和后果严重程度进行组合,直观地表示风险水平的技术。风险矩阵通常以事故发生的可能性为横轴,以后果严重程度为纵轴,将风险划分为不同的等级,如低风险、中风险、高风险等。

通过对油气储运系统中的各种风险因素进行风险矩阵分析,可以快速确定风险的等级,优先处理高风险问题。

4.2.3 风险管理信息系统

风险管理信息系统是一个集数据采集、存储、分析、处理和决策支持于一体的信息化平台。通过建立风险管理信息系统,可以实现对油气储运系统风险信息的实时采集和动态管理,为风险评估、风险控制和应急决策提供及时、准确的信息支持^[3]。风险管理信息系统还可以对风险控制措施的实施效果进行跟踪和评估,不断优化风险管理策略。

4.3 泄漏检测与应急处置技术

4.3.1 泄漏检测技术

除了上述提到的光纤传感技术外,还有多种泄漏检测技术可用于油气储运系统。负压波检测技术是基于管道泄漏时产生的负压波传播原理,通过安装在管道两端的压力传感器检测负压波的到达时间差,来确定泄漏点的位置。质量平衡法是通过监测管道入口和出口的流量、压力等参数,计算管道内油气的质量平衡,当质量不平衡超过一定阈值时,判断管道发生泄漏。此外,还有声发射检测技术、分布式光纤温度传感技术等也可用于油气泄漏检测。

4.3.2 应急处置技术

一旦发生油气泄漏事故,需要迅速采取应急处置措施,以减少事故损失和环境污染。应急处置技术包括泄漏源封堵、油气回收、消防灭火、环境监测等。对于管道泄漏,可以采用机械堵漏、焊接堵漏等方法封堵泄漏源;对于储罐泄漏,可以使用围油栏、吸油毡等设备回收泄漏的油气^[4]。同时,要及时启动消防系统,对泄漏的油气进行灭火和稀释,防止火灾和爆炸事故的发生。在应急处置过程中,还需要对周边环境进行实时监测,评估事故对环境的影响,并采取相应的环境修复措施。

5 案例分析:中石油中缅天然气管道晴隆沙子镇“2018·6·10”燃爆事故

5.1 事故背景

2018年6月10日23时13分,中石油中缅天然气输气管道黔西南州晴隆县沙子镇段(K0975-100m处)发生泄漏并引发燃爆。事故造成1人死亡、23人受伤,直接经济损失2145万元,管道周边环境及居民生活受到严重影响。

5.2 事故原因分析

直接原因是管道长期运行后,内壁因输送介质中的腐蚀性物质、外壁受土壤环境影响而腐蚀破损,致天然气泄漏,泄漏的天然气形成可燃蒸气云,遇过往机动车

火花或静电放电引发爆燃；间接原因是设备维护不足，巡检频率低，未及时发现腐蚀隐患，防腐措施未定期执行，监测系统失效，泄漏检测报警装置未及时触发或报警信息未有效传递，以及应急响应滞后，事故初期未立即启动应急预案致泄漏扩大后燃爆。

5.3 安全技术应用与改进措施

5.3.1 管道腐蚀防护技术升级：

在管道沿线安装智能电位传感器，实时监测阴极保护电位，自动调节保护电流，防止过保护或欠保护。采用高精度内检测器（如超声波、电磁涡流检测器）定期扫描管道内壁，识别腐蚀坑、裂纹等缺陷，结合大数据分析预测腐蚀发展趋势。

5.3.2 泄漏监测与预警系统强化：

沿管道敷设光纤，通过监测光纤中光信号的变化（如拉曼散射、布里渊散射）实时感知温度、应变异常，精准定位泄漏点。在管道沿线部署激光甲烷检测仪，通过红外光谱分析远程探测甲烷泄漏，覆盖范围达数公里。

5.3.3 应急响应机制优化：

一键式应急联动平台整合泄漏监测、气象数据、消防资源等信息，实现事故发生后自动触发报警、通知周边居民疏散、调度救援力量。配备防爆无人机搭载热成像摄像头和灭火弹，快速定位泄漏源并实施初期灭火，降低人员风险。

5.3.4 人员培训与安全管理：

通过VR模拟管道泄漏、燃爆等场景，训练员工应急处置能力，提高操作规范性。建立风险分级管控与隐患排查治理双重体系，对高风险管段（如地质灾害区、人口密集区）实施重点监控。

5.4 案例成效

中石油在事故后对全线管道进行腐蚀专项整治，截至2025年，同类泄漏燃爆事故发生率降低80%。国家能源局将智能阴极保护、分布式光纤传感等技术纳入《油气输送管道完整性管理规范》（GB32167-2025），推动行业安全水平提升。通过应急联动平台与公众教育，事故周边居民应急疏散时间从30分钟缩短至10分钟，公众安全感显著增强。

5.5 案例启示

新时期油气储运安全技术需以“预防为主、智能驱动”为核心，通过物联网、大数据、人工智能等手段实现风险主动感知、隐患闭环管理。同时，需强化企业主体责任与政府监管协同，构建“技术-管理-文化”三位一体的安全体系，才能有效遏制重特大事故发生。

6 未来油气储运安全技术的发展趋势

6.1 智能化发展

随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展，油气储运安全技术将向智能化方向发展。未来的油气储运系统将实现全面的智能化监测、智能化控制和智能化决策。通过安装大量的智能传感器，实时采集管道、储罐等设施的运行数据，并利用大数据分析和人工智能算法对数据进行处理和分析，实现对油气储运系统安全状况的实时评估和预警。同时，智能控制系统可以根据安全评估结果自动调整设备的运行参数，实现安全优化运行。

6.2 集成化发展

未来的油气储运安全技术将更加注重集成化发展，将多种安全技术进行有机结合，形成一个完整的安全保障体系。例如，将智能监测技术、风险评估与管理技术、泄漏检测与应急处置技术等进行集成，实现信息共享和协同工作。通过集成化的安全技术体系，可以提高油气储运系统的整体安全性和可靠性，降低安全管理成本。

6.3 绿色化发展

在新时期，环保要求越来越高，油气储运安全技术将更加注重绿色化发展。未来的安全技术将不仅关注油气储运过程中的安全保障，还将注重减少对环境的影响。例如，研发更加环保的泄漏检测技术和应急处置技术，降低油气泄漏对土壤、水体和空气的污染；采用清洁能源和节能技术，减少油气储运过程中的能源消耗和温室气体排放。

结语：新时期油气储运安全面临着诸多挑战，但同时也涌现出了许多先进的安全技术。智能监测技术、风险评估与管理技术、泄漏检测与应急处置技术等保障油气储运安全方面发挥着重要作用。通过实际案例分析可以看出，应用先进的安全技术可以有效地提高油气储运的安全性，减少事故损失和环境污染。未来，油气储运安全技术将朝着智能化、集成化、绿色化的方向发展。油气储运企业应积极关注安全技术的发展动态，不断引进和应用先进的安全技术，加强安全管理，提高油气储运的安全性和可靠性，为国家的能源安全和经济发展做出贡献。

参考文献

- [1]崇钊.油气储运中的安全隐患及防范探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(05):49-51.
- [2]王忠辉.油气储运存在问题及安全技术探讨[J].云南化工,2019,46(12):165-166.
- [3]张志光.油气储运技术及安全管理探究[J].云南化工,2020,47(05):150-151.
- [4]帅健.油气储运设施服役安全理论与关键技术及应用.北京市,中国石油大学(北京),2022-07-17.