

论油气管道安全管理及相关技术现状

张向阳（中海油安全技术服务有限公司，天津 300457）

摘要：石油和天然气是我国重要的能源和化工原料，在保障民生及社会经济发展方面发挥了重要作用。油气管道是我国能源行业的大动脉，近几年，油气管道安全事故率持续上升，管道安全管理问题引起了行业的广泛关注。本文首先分析了油气管道安全风险因素，随后指出安全管理中存在的问题，最后探讨了管道安全管理相关技术现状，旨在为我国石油天然气行业的健康可持续发展提供理论借鉴。

关键词：油气管道；风险因素；安全管理；技术

0 引言

石油、天然气是重要的能源资源，与国计民生息息相关，对促进我国经济可持续增长具有关键作用。油气管道是一种重要的基础设施，肩负着运输石油、天然气的重要任务，保障管道安全运行是企业管理的重中之重。

近些年，油气管道作为连接油气资源与市场的纽带，以其成本低廉、运输快捷、运载量大等优势得到了越来越多的应用^[1]。我国是管道运输的大国，据统计，截至2020年底，我国油气管道总里程已达 14.5×10^4 km。

随着油气管道里程的不断加大，暴露出来的安全问题日益凸显，管道泄露导致大量油气资源泄露，造成巨大的经济损失，同时还对周边生态环境造成严重污染，因此加强油气管道安全管理刻不容缓。

本文对油气管道安全管理及相关技术现状作出了如下探讨。

1 油气管道安全管理的重要性

安全管理在油气储运管理中占据重要位置，安全管理在管道安全中的作用不容忽视。近年来，我国油气管道安全状况令人堪忧，据调查，我国现役油气管道有将近一半以上都超过了设计寿命，再加入第三方破坏、自然因素等导致油气管道安全事故接连发生，而产生这一系列事故的本质都是在安全管理方面存在缺失^[2]。

随着时间的推移，油气管道材质会发生老化，土壤中的化学物质也会对管道造成腐蚀，可见，油气管道安全问题是动态发展的，因此在实际安全管理过程中要不断优化、调整方案，准确分析风险因素，提出科学技术措施，将风险控制在可控范围内。油气管道泄露是高发问题，一旦泄露不仅会造成巨大经济损失，还会造成生态环境污染，不利于油气产业的健康发展，

因此，加强油气管道安全管理势在必行。

2 油气管道风险因素分析

2.1 运输介质因素

目前，成品油类型主要有汽油、柴油，其中，汽油是一种流动性可燃液体，易挥发呈油气，爆炸极限在0.76~0.7%，遇火花即爆炸；柴油是轻质石油产品，主要成分为烯烃，爆炸极限在0.5~5%之间，柴油的闪点在28~60℃，易于引起爆炸。在油气储运过程中，由于石油与管道之间发生摩擦会积聚大量电荷，一旦遇到高温状态极易引发火灾，引发安全事故。

2.2 管道自身危害因素

油气管道自身危害因素主要为管道质量、材质、应用环境等。

首先，管道设计问题，油气管道设计的合理性和科学性直接关乎着管道的整体质量，如应力、热力等参数设置、管道强度指标设计不达标、选材及施工方法不当等都会导致管道耐腐蚀性差。另外，管道附属设备、安全阀、阀门、压力表等选型不当，也会使得管道自身存在严重缺陷。其次，施工质量问题，施工管理不到位、施工人员不专业、焊接施工出现裂纹、管道防腐涂层不均匀等^[3]，这都是引发管道安全问题的重要因素。

2.3 人为破坏因素

人为破坏因素主要包含两个方面：一是由于施工人员的专业性不强、安全意识薄弱引起的，例如，在油气管道施工过程中未按操作规程执行，另外，还有一些业务经验不足的工作人员对于一些突发状况难以准确应对，造成对管道的破坏。二是不法人员盗油行为猖獗，通常油气生产地较为偏僻，近几年盗油行为更是屡见不鲜，甚至还有团伙偷盗事件发生，在偷盗油时，不法分子主要采用在管道上打孔的方式，这样就会导致管道上存在泄漏点，严重的还会危害到管道

的防腐系统,影响输油管道的安全。

2.4 自然灾害因素

油气的输送距离较长,并且会经过不同类型的区域,有些地带极易发生地震、山体滑坡、洪水、雷电等,由于自然灾害具有突发性、不可抗性的特点,一旦发生自然灾害会严重影响到油气管道安全。①地震灾害,会使得管道发生位移而产生长距离的悬管问题,导致管道撕裂;②洪水灾害,洪水对地表土壤破坏,导致地下管道腐蚀,对管道本体有着不良影响;③雷电灾害,由于雷电具有极强的破坏性,会导致油气管道的电磁性能的破坏;④环境污染灾害,发生土壤环境污染灾害时,土壤中的大量化学物质会严重腐蚀油气管道,导致管道耐腐蚀性能降低,影响管道安全可靠。

2.5 管理风险因素

管理风险因素主要包括缺乏有效定期检测、管理不规范和违章作业三方面。

第一,缺乏有效的定期检测。一直以来,我国在对油气管道的检测、维修等方面缺乏相关法律法规,多数企业只是一些基本条款,导致执行效果差。另外,检测技术落后问题普遍存在,导致检测结果不准确、局限性较大。第二,违章作业行为时有发生,在油气管道建设中,违章作业行为呈多样化,主要为擅自动火、检修不到位、野蛮施工抢修等,产生该问题的本质原因是缺乏造成规范的约束以及施工人员安全意识薄弱。第三,管道管理不规范,良好的安全管理机制是保证油气管道安全的基础,油气管道的安全管理具有一定的复杂性、专业性和系统性,管理对象复杂,风险因素多种多样,一旦管理人员综合能力不强都会导致安全事故的发生,因此管理人员要提升自身综合素质,具备扎实的专业知识及管理技能。

3 油气管道安全管理存在的问题

3.1 泄露预警方面

目前,一些油气管道泄露检测预警系统技术不够先进,特别是对一些陈旧的系统也未进行及时更新,导致数据采集精准度降低。还有一部分企业依旧沿用老标准,采用落后型技术,不能满足当下油气管道安全管理的要求,对于石油泄漏、环境污染等事故发生未能立即发出警报,另外,一些预警系统特对于油品泄漏量小的状况下,也无法准确监控,运行压力曲线在泄漏点上的变化不能反映出真实的情况,这就导致了事故范围进一步扩大。

3.2 安全风险评估方面

我国大多数的油气管道都已运行了多年,许多管道的外防腐蚀层都有一定程度的破坏。随着油气管道使用年限不断增加,泄漏点不断加大,但并未对管道进行及时修复,对于趋于老化的管道也未进行多增加检测频次,未进行及时的补漏工作,这都是管道安全管理中的重要管理问题。还有些企业仅对管道外部腐蚀泄露点的项目检测而没有管道内壁腐蚀检测项目,这说明安全管理方面存在较大漏洞。据调查,多数油气管道腐蚀破坏都是由于外力腐蚀引起的,特别是成品油自身也是一种腐蚀性的介质,在长期运行下,都会造成严重的腐蚀、穿孔情况,如不进行管道内部的专项检查就不能明确知道管道的内腐蚀情况,一旦发生内腐蚀穿孔而造成的油品泄漏事故将会造成巨大的损失。

3.3 巡线管理及监管方面

目前,制度中要求每日对自管辖段的徒步巡检,输油库站外管道为每个月一次等,这种巡检制度基本是建立在“人防”基础上,尽管对管道巡检进行了监督考核制度,但由于一些人员的执行力差,导致少巡、漏巡事件时有发生,有一些地区也未配置完善的监管系统,也难以准确定位巡检人员的巡检路线,导致监管力度薄弱,可以说“技防”方面存在缺失,因此,要加强“技防”的建设。

3.4 应急预案方面

现阶段,一旦油气管道发生安全事故,在应急管理方面也存在诸多问题,主要体现在:应急预案不完善、应急部门人员配备不齐、人员专业能力不强以及应急物资不齐全等:①应急预案不完善,许多输油管理处的应急预案较为陈旧,未进行及时更新管理,并未组织应急预案的演练,往往只是采用简单的桌面演练的方式,导致应急预案中存在的问题未能及时发现,致使应急预案不完善、应急措施滞后;②应急部门人员配备不足,多数企业应急部分人员都不是专职人员,而且还缺乏一定的实际经验,企业培训也仅仅停留在理论知识和考试层面,缺乏实战训练,同时人员调动问题也十分频繁,导致一旦发生事故,人员数量不足,抢险控制力匮乏;③应急物资不齐全,迄今为止,多数企业对应急物资采购管理上缺乏系统化,也未建立一套科学、系统、完善的抢险物资配置方案,主要还是想到什么买什么、需要什么买什么的散乱状态,目前对数企业对抢险工具也配备的不齐全,例如,就比

如污回收泵这一重要的抢险工具还有一些企业配备数量不足,一旦遇到漏油量较大、漏油地段多的状况就会难以应对。

4 油气管道安全管理相关技术

4.1 管道安全预警技术

4.1.1 基于光栅光纤的预警技术

传统的油气管道泄漏检测技术已逐步趋于淘汰,当下油气管道预警管理的重点就是要在事故发生前能够及时、准确地发生预警,并准确定位、上报处理。现阶段,应用于油气管道安全预警的技术种类多样,特别是光栅预警技术具有抗电磁干扰能力强、耐久性好、灵敏度高等特点,在油气管道安全预警管理方面应用广泛,极其适用于易燃易爆场所,因此,基于光纤传感器的管道预警技术研究得到了国内外研究者的重视^[4]。常见的分布式光纤预警技术如表1所示。

表1 分布式光纤预警技术

类型	原理	应用情况
基于 Sagnac 的预警技术	通过光波相位变化速率的正比关系对振动事件定位	检测管道泄露产生的振动信号,但该技术施工难度大,易受噪声影响,对于距离长的管道存在定位精度低问题
基于 Mach-Zehnder 的预警技术	是由三根单模光纤构成的传感器,一条是信号臂,一条是参考臂,还有一条用于回传检测信号	在长输管线上应用效果好,但存在占用光纤资源多,信号背景噪声影响大,并且不能同时检测管道沿线所有振动信号
基于 OTDR 的预警技术	通过检测这些信号来判断光纤损耗特征和故障点	可对油气管道沿线各类威胁事件进行定位,适用于检测静态损耗和缓慢变化的扰动,无法检测瞬态的扰动
基于光纤 Bragg 的预警技术	通过在油气管道附近铺设 FBH 光缆来检测管道由于各类异常状况产生的压力和振动信号	光波衰减大,要配备高功率光源,抗机械拉伸强度差,使用中易于出现断裂

4.1.2 基于物联网的预警技术

近几年,随着物联网技术的快速发展,基于物联网技术的油气管道远程监控预警系统可实现对管道远程监控,为应急救援提供可靠信息,保障了事故处理的时效。基于物联网技术的预警系统,主要采用无线传输方式,不受地理位置、气候因素以及人为因素的影响,能满足不同区域的接入需求,监控系统的覆盖范围更广,实用性更强^[5]。系统主要部分为应用服务层、传输层和感知层,包括了车载巡检系统、无人机巡检系统等多个分系统,同时配制的光纤应变部分检测仪能够及时对管道泄露位置进行定位,有利于巡检人员

在第一时间发现并前往泄漏点进行及时维修,避免了安全事故的进一步扩大。据报道,目前一些大中城市已逐步建设基于物联网技术应的油气管道预警系统,便于将管道运行数据实时、准确反馈到计算机,实现全天候、可视化的监测,对油气管道安全管理具有重要价值。

4.2 管道检测与定位技术

近些年,GIS 技术发展迅速,并且已被应用到越来越多的行业与领域中。GIS 技术具有强大的空间模拟、图形处理、查询等功能,可挖掘出更多重要的信息和数据。GIS 技术对油气管道安全事故的检测十分有效,并且还对应应急救援决策起着重要作用,同时 GIS 技术以其特有的优势在油气管道风险评估作用凸出。将 GIS 技术应用与油气管道安全管理中,可形成一种高效、可靠、系统、科学的数据管理模式,系统可实现实时检查油气管道的真实状况,及时判断事故的蔓延区域,记录事故发生的频率,可以有效检测和分析相关的事故数据,具有重要的实用价值^[6]。可见,将 GIS 技术应用于油气管道安全管理,更有利于科学、准确、系统分析油气管道的问题。

5 结论

综上所述,油气管道在国家的发展建设中占据关键地位,安全管理是油气管道的建设发展过程中的重要内容。随着石油需求量的日益增大,油气管道距离的不断延长,施工环境的越发复杂,加强油气管道安全管理问题刻不容缓。行业要不断加强管道安全基础研究,完善法规和标准体系,加强新技术的应用,控制安全隐患,全面提升油气运输的可靠性和安全性。

参考文献:

- [1] 寇健.长输油气管道安全管理探讨[J].现代职业安全,2021(5):94-96.
- [2] 冯巧,陈爱欣,秦翠翠,等.探讨油气储运化工设施安全的重要性[J].化工管理,2020(10):121-122.
- [3] 王文婷.关于油气管道运行管理中的安全隐患[J].化工管理,2020(18):76-77.
- [4] 蔡永军.油气管道系统安全状态监测技术研究进展[J].油气与新能源,2022,34(2):65-70.
- [5] 党红强,唐飞龙.基于物联网技术的油气管道安全监测可视化管理系统探索[J].化学工程与装备,2019(10):296-297.
- [6] 张晓芳.GIS 技术在油气管道安全管理中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(13):91-92.