

油气管道事故案例分析与安全警示研究

吴浩然

国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司 广东 梅州 514089

摘要：油气管道事故频发，严重威胁人员安全、财产稳定及生态环境。本文选取国内外典型油气管道事故案例，从管道本体、运行管理及外部环境三方面深度剖析事故原因，全面分析事故造成的人员伤亡、财产损失、环境破坏及社会影响。基于分析结果，提出针对性安全警示与预防措施，涵盖材质选择、制造工艺、巡检监测、操作规范、应急响应及外部环境应对等多个维度，为油气管道安全管理提供参考。

关键词：油气管道；事故案例；原因分析；安全警示；预防措施

引言：油气管道作为能源传输的关键基础设施，其安全运行对保障国家能源安全、促进经济发展及维护社会稳定至关重要。然而，近年来油气管道事故频发，不仅造成严重人员伤亡和财产损失，还对生态环境产生深远影响。通过选取国内外典型油气管道事故案例进行深入分析，探究事故发生的深层次原因，全面评估事故后果与影响，有助于提出有效的安全警示与预防措施，提升油气管道安全管理水平。

1 典型油气管道事故案例选取与介绍

1.1 国内典型事故案例

案例一

2013年11月22日，山东青岛经济技术开发区发生了一起震惊全国的油气管道泄漏爆炸事故。此次事故涉及中石化东黄输油管道，该管道管径711毫米，于1986年建成投产，主要承担原油输送任务。事故发生时，管道处于正常运行状态，输送压力稳定。当时当地天气晴朗，环境温度适中，无强风等恶劣气象条件。然而，管道在长期运行过程中，局部位置因土壤腐蚀等原因出现破损，导致原油泄漏。泄漏的原油流入市政排水暗渠，在相对密闭空间内积聚，与空气混合形成爆炸性混合物。遇火花后发生爆炸，火势迅速蔓延，造成62人死亡、136人受伤的严重后果，周边多处建筑受损，大量市政设施被毁，直接经济损失达7.5亿元。

案例二

2017年7月4日，吉林省松原市宁江区发生一起燃气管道爆炸事故。涉事管道为城市中压燃气管道，管径219毫米，建成使用已有一定年限。事故发生时，管道内燃气压力正常，周边环境为居民区，人口较为密集。由于第三方施工破坏，管道被钻头击穿，燃气大量泄漏。泄漏的燃气迅速扩散至周边区域，遇到明火后引发爆炸，爆炸冲击波导致附近多栋居民楼窗户破碎、墙体开裂，

造成7人死亡、85人受伤，周边部分商铺和车辆受损，给当地居民生活带来极大影响。

1.2 国外典型事故案例

案例一

1989年6月3日，苏联乌法天然气管道爆炸事故是国际上影响重大的油气管道事故之一。涉事管道为大型天然气输送管道，管径1420毫米，承担着向欧洲部分地区输送天然气的重要使命。事故发生时，管道处于满负荷运行状态，输送压力较高。当时当地气候干燥，周边为开阔的草原地带。由于管道老化，多处出现裂纹，天然气泄漏后在草原上积聚。一辆行驶的火车经过时，火花引燃了泄漏的天然气，引发剧烈爆炸，造成575人死亡、近千人受伤，大量房屋被毁，经济损失惨重。

案例二

2010年9月9日，美国加利福尼亚州圣布鲁诺发生燃气管道爆炸事故。涉事管道为城市高压燃气管道，管径762毫米，为当地居民和企业提供燃气供应^[1]。事故发生时，管道运行正常，周边为居民社区。因管道制造缺陷，在长期使用过程中出现破裂，燃气泄漏后形成巨大火球，爆炸产生的冲击波将周边房屋夷为平地，造成8人死亡、50多人受伤，数千居民被迫疏散，当地基础设施遭受严重破坏。

2 事故原因深度剖析

2.1 管道本体因素

2.1.1 材质缺陷

不同材质在特定工况下会呈现差异化缺陷表现，钢管在长期介质作用与应力负荷下易产生裂纹、腐蚀坑等问题，材质自身性能与工况适配度直接决定缺陷产生概率与发展速度。材质选择需结合管道输送介质、压力等级及环境条件，选择不当会大幅降低管道长期安全运行的稳定性，加剧缺陷发展速率，缩短管道使用寿命，为

事故发生埋下

2.1.2 制造工艺问题

焊接、成型等核心制造工艺环节易产生各类缺陷,焊接过程中未熔合、气孔等问题会破坏管道结构完整性,降低管道承压能力,在后续运行中易成为应力集中点,加速管道损坏进程。制造过程中质量控制环节的疏漏,会导致各类工艺缺陷未被及时发现与整改,缺陷随管道投入运行不断发展,最终引发安全事故。

2.1.3 管道老化

管道在长期运行过程中会逐步出现老化现象,金属疲劳、防腐层脱落等均是典型表现,金属疲劳会降低管道结构强度,防腐层脱落则会加剧管道腐蚀速率,双重作用下管道密封性会持续下降^[2]。老化管道在外界应力扰动或介质参数变化时,损坏风险会显著提升,易发生泄漏、断裂等安全事故。

2.2 运行管理因素

2.2.1 巡检与监测不足

巡检周期设置不合理、监测手段落后等问题,会导致管道运行过程中产生的隐患无法及时捕捉,隐患长期积累会逐步发展为实质性损坏。巡检人员专业技能不足会影响隐患识别能力,责任心缺失则会导致巡检工作流于形式,进一步降低事故预防的有效性,无法形成对管道安全运行的有效保障。

2.2.2 操作失误

管道启停、压力调节、介质切换等操作环节,操作行为的规范性直接影响运行安全,误操作阀门、超压运行等行为会破坏管道运行平衡,引发介质泄漏或管道结构损坏。操作培训缺失会导致操作人员无法熟练掌握操作规范,操作规程不完善则会使操作行为缺乏明确指引,两者共同作用会大幅提升操作失误概率,诱发安全事故。

2.3 外部环境因素

2.3.1 地质灾害

地震、滑坡、泥石流等地质灾害会对管道产生直接破坏作用,导致管道出现断裂、变形等结构性损坏,破坏程度与灾害强度、管道铺设方式密切相关。地质灾害预警体系不完善、防范措施不到位,会导致管道无法提前规避灾害影响,进一步提升事故发生概率与破坏程度。

2.3.2 第三方破坏

建筑施工、打桩、挖掘等第三方活动是管道破坏的重要诱因,机械撞击、挖掘作业易造成管道破损,此类事故的发生与作业区域管道信息不明确、作业人员安全意识薄弱相关。管道标识缺失或模糊会导致第三方作业

人员无法准确识别管道位置,与第三方沟通协调不足则会使作业行为缺乏有效引导,进而引发管道破坏事故。

2.3.3 自然环境影响

温度变化会使管道产生热胀冷缩现象,引发应力变化并积累,长期作用下会导致管道接口松动、结构损坏;洪水会冲刷管道基础,导致管道悬空、变形;雷电则可能损坏管道附属电气设备,影响管道正常运行。应对自然环境变化的防护措施缺失,会使管道无法有效抵御各类环境因素侵蚀,逐步引发安全事故。

3 事故后果与影响分析

3.1 人员伤亡

油气管道事故往往会造成严重的人员伤亡。在事故发生的瞬间,高压油气泄漏引发的爆炸、火灾等剧烈反应,会使现场人员来不及躲避。死亡人数可能涉及多个岗位,从一线操作人员到现场管理人员都有可能。操作人员由于直接处于事故核心区域,面临的风险最高,伤亡比例通常较大。而管理人员可能因在现场指挥或检查工作而受到波及。受伤人员则涵盖了更广泛的岗位,包括救援人员也可能在救援过程中受伤。人员伤亡给家庭带来沉重的打击。失去亲人的家庭陷入巨大的悲痛之中,经济来源可能中断,生活陷入困境^[3]。对于受伤人员,不仅身体承受痛苦,后续的治疗和康复也需要大量资金和时间,给家庭带来长期的经济负担。从社会层面看,大量人员伤亡会引发社会关注,增加社会的不稳定因素,影响社会的和谐氛围。

3.2 财产损失

事故对财产的破坏是多方面的。管道设施本身会遭受严重损坏,包括管道破裂、变形,阀门、仪表等附属设备损毁。周边建筑物在爆炸冲击波和火灾高温的作用下,可能出现墙体倒塌、门窗破碎等情况,设备也会因高温、震动等损坏。直接财产损失可通过对受损设施、建筑物和设备的评估进行估算。除了直接损失,事故还会导致间接经济损失。企业因事故停产,无法正常进行生产经营活动,订单可能流失,市场份额下降。即使恢复生产,由于设备维修、更换需要时间,生产效率也会受到影响,导致减产。这些停产、减产带来的损失往往比直接财产损失更为巨大。

3.3 环境破坏

油气泄漏会对环境造成严重污染。泄漏的油气进入土壤,会改变土壤的化学性质,导致土壤酸化或碱化,影响土壤中微生物的生存和植物的生长。进入水体后,会使水体富营养化,引发藻类大量繁殖,消耗水中的氧气,导致鱼类等水生生物死亡。泄漏的油气挥发到大气

中,会产生刺鼻的异味,影响空气质量,对周边居民的身体健康造成威胁。环境破坏对生态系统和生物多样性影响深远。土壤和水体的污染会破坏生态系统的平衡,影响生物的栖息环境。一些珍稀物种可能因无法适应污染后的环境而数量减少甚至灭绝,生物多样性受到严重损害,生态系统的稳定性和服务功能下降。

3.4 社会影响

事故发生后,当地社会秩序会受到一定程度的冲击。交通可能因事故现场的封锁而堵塞,影响居民的正常出行。居民会因事故的严重性而产生恐慌情绪,对自身的安全感到担忧。对于涉事企业,事故会严重损害企业形象。公众会对企业的安全管理能力产生质疑,降低对企业的信任度。从行业层面看,事故会引发社会对油气管道行业的关注和担忧,损害行业声誉,不利于行业的健康发展。

4 安全警示与预防措施安全警示与预防措施

4.1 针对管道本体的安全警示与措施

管道材质选择需结合运行工况、环境条件,以及输送介质特性、压力等级和周边侵蚀情况科学研判,确定适配材质,避免材质与实际运行需求脱节。材质质量检验需贯穿采购、进场全流程,严格遵循油气管道相关检验规范,全面核查材质力学性能与成分组成,杜绝不合格材质投入使用。同时,可依托材料工程技术成果,推广新型高性能防腐、抗疲劳材料,通过材质改性技术优化材质性能,切实提升管道抵御各类侵蚀的能力^[4]。此外,需优化焊接、成型等核心制造工艺,采用自动化焊接等先进技术减少工艺缺陷,强化制造过程质量管控,在关键工艺节点设置检测环节,运用专业检测技术全程监控,及时排查整改工艺隐患,确保管道制造质量符合安全运行标准。还要建立专业化管道老化监测体系,整合无损检测技术定期评估管道老化状况,精准捕捉老化迹象,结合监测数据制定科学维护计划,针对老化严重的管道及部件及时更换,从源头规避老化引发的安全风险。

4.2 针对运行管理的安全警示与措施

运行管理方面,需优化巡检周期和路线,引入智能传感器、无人机巡检等先进设备,有效提升巡检与监测的智能化水平和效率。同时强化巡检人员培训与考核,围绕隐患识别开展系统培训,通过常态化考核规范巡检行为,切实提升巡检人员的专业技能与工作责任心。结合管道运行实际制定详细操作规程,明确各环节操作步骤与安全禁忌,为操作人员提供清晰指引;加强操作培

训,通过实操演练提升操作人员的规范操作水平,强化应急处理技能培养,确保突发情况下能够妥善处置。此外,要优化应急预案,明确应急组织机构、职责分工及处置流程,确保事故发生后处置工作有序推进;加强应急演练,结合管道可能发生的事故类型常态化开展演练,不断提升应急响应速度与处置能力,合理调配应急资源。

4.3 针对外部环境的安全警示与预防措施

针对外部环境风险,需开展管道沿线地质灾害调查与评估,明确风险点分布,建立地质灾害预警系统,实现隐患实时监测与预警。同时采用管道基础加固、防护栏设置等工程措施,提升管道抗地质灾害能力,降低灾害破坏风险^[5]。加强管道标识管理,在沿线关键位置设置规范标识,加大管道保护知识宣传力度,提升第三方作业人员的管道保护意识;建立与第三方的沟通协调机制,及时掌握沿线施工等活动信息,开展安全交底与现场监护,防范第三方作业引发的安全隐患。此外,结合沿线自然环境变化特点,针对性采取保温、防洪、防雷等防护措施,优化管道防护结构;建立自然环境监测体系,实时捕捉环境参数变化,据此调整管道运行参数,保障管道安全稳定运行。

结束语

油气管道事故的严重后果不容忽视,必须高度重视其安全管理工作。通过深入剖析事故原因,明确管道本体、运行管理及外部环境等方面存在的安全隐患,并针对性地提出安全警示与预防措施,能够有效降低事故发生概率,减轻事故后果影响。各相关部门和企业应切实履行安全管理职责,加强协作配合,共同构建安全、可靠的油气管道运输体系。

参考文献

- [1]官运华,张喆.油气管道事故应急失效原因及社会网络分析[J].中国安全科学学报,2025,35(1):209-215.
- [2]韦敏,史永晋,范志炜,等.油气管道事故人因致因路径研究[J].西安科技大学学报,2025,45(1):108-116.
- [3]叶海春.油气管道事故案例分析及腐蚀检测方法发展现状[J].清洗世界,2021,37(2):114-115.
- [4]廖华扬.油气管道事故应急响应与风险管理策略[J].石油石化物资采购,2023(22):133-135.
- [5]石磊.海底油气田管道维护与事故救援技术研究[J].石化技术,2024,31(10):83-85.