

原油管道储运的安全管理方法和事故预防策略分析

王玉超（山东筑本安全技术咨询有限公司东营分公司，山东 东营 257092）

李福朋（东营金氏化工有限公司，山东 东营 257100）

摘要：随着我国经济的高速发展，对原油的需要量不断增加，各种油田工程输油工程越来越多。由于原油管道储运的特殊性，在储运过程中存在较多的安全风险因素，一旦处理不当，就很容易带来原油泄漏和爆炸事故的发生。需要我们加强原油管道储运安全管理工作，制定有效的事故应对策略，保证原油管道储运的安全运行。通过对原油管道储运安全管理方法与事故预防策略进行探讨，希望对促进我国油田事业的发展，起到有利的作用。

关键词：原油管道储运；安全管理；方法；事故；预防策略

0 引言

随着我国经济快速发展，原油需求量不断增长，原油管道运输里程也在稳步扩大。但是由于管道老化、外力破坏、运维不当等多种原因，原油管道安全事故时有发生，给国家能源安全和生态环境造成严重危害。因此，加强原油管道的安全管理，预防和减少事故发生，已成为相关部门的重要工作。本文分析了原油管道储运中的安全风险，提出了管道安全管理和事故预防的有效策略，以提高原油管道运输的安全性。

1 原油管道安全管理和事故预防的重要性

1.1 确保国家能源安全

原油管道是原油长距离运输的主要方式，管道运输具有大容量、就近供应、运输成本较低等优点。一个国家的原油管道运输系统发达与否，直接影响国家的石油供应能力和能源安全水平。做好原油管道的安全管理和事故预防，能够确保原油的稳定、高效运输，不会因管道泄漏、爆炸等事故而陷入瘫痪^[1]。这对一个石油进口依存度较高的国家尤为重要。发展完善的原油管道运输网络，也能够提高国家应对国际石油供应中断的能力。因此，加强原油管道的安全管理和事故预防，是保障国家能源安全的重要举措。

1.2 减少环境污染

原油管道发生泄漏或爆炸事故，会造成大量原油外泄，对周围的土壤和水资源造成严重污染。原油含有多种有毒有害化合物，外泄到环境中会危害生态系统。即使是小规模的原由泄漏也可能造成地下水污染，影响民众饮用水安全。发生在海域的原油管道泄漏，则会造成海洋生物大规模死亡和海岸污染^[2]。这些环境后果需要花费大量社会资源进行治理。因此，加强

原油管道的安全管理和事故预防，可以从源头减少环境污染事件的发生，保护生态环境。这不仅符合可持续发展的要求，也可减少事故治理的社会成本。

1.3 保护人民生命财产

原油管道事故还会对管道沿线居民的生命财产安全造成威胁。如发生管道爆炸，会对周围居民区造成冲击波冲击和火灾危险。即使是小规模泄漏，也可能污染民众的饮用水源，对健康造成隐患。加强管道安全管理和事故预防，能最大程度地避免发生危及民众生命财产安全的事故，是保护人民群众权益的重要举措。

2 原油管道储运过程中的主要安全风险

2.1 管道本身安全风险

原油管道长期处于高压状态下运转，管道材料会因长期腐蚀、磨损、金属疲劳和老化等原因导致强度和抗压能力下降。如果管道金属出现裂纹或破损，很容易造成原油泄漏或管道爆炸事故。另外，管道铺设的地基如果地质情况复杂，出现地面沉降或管沟变形，也可能导致管道变形、断裂。管道本身设计不当，选择的管材质量不合格，以及施工质量不达标，也会成为隐患^[3]。需要建立健全管道的全生命周期质量监控，并定期进行内部检测与维护，发现问题及时处理，以降低管道自身质量问题导致事故的风险。

2.2 外部破坏风险

原油管道多数设在地下，容易遭到外部建设活动的破坏，例如施工机械碰撞管道、近距离爆破作业产生的冲击波导致管道破裂等。另外，还需要防范有意破坏管道的破坏活动，比如为了盗油非法打孔导致油品泄漏。此外，自然灾害如地震、塌方也可能对埋在地下的管道造成严重破坏。需要建立严密的管道运行

监控预警系统,避免外部破坏管道的风险;同时加强管道的抗震、防撞击措施,提高管道的抗外部破坏能力。

2.3 操作维护风险

管道的日常运行监控、设备维护保养以及事故应急处置工作,都依赖操作人员的水平。操作不当可能导致事故,例如调压过快造成管道破裂,检测设备失灵延误事故处理等。另外,维护保养不到位也可能导致设施故障。需要加强对操作人员的职业培训与考核评价,建立完善的操作规程,严格运行日志记录,以系统性降低人为操作上的风险。

3 原油管道安全管理的方法

3.1 改进管道设计,提高承压强度

在管道设计阶段,要充分考虑管道的输送介质、流量、压力、温度、使用环境等多方面因素,采用抗压强度高、耐腐蚀的优质钢管材质,并针对管道不同地段的地质状况和环境条件,采取不同的设计方案来增强管道的整体抗压和防腐蚀能力。例如在地震多发地带增大管壁厚度,提高管道的抗震级别;在腐蚀性土壤区域选择内衬耐腐蚀的管材等。管道的公称压力、最高允许操作压力、设计压力和破裂压力等参数,都需要经过严格的工程计算和静水压试验验证,确保其大大高于实际使用的压力要求^[4]。此外,还要通过计算流体动力学模拟,优化管道的走向,尽可能避开地质敏感区,以减少管道破裂事故的发生风险。在管道的铺设施工过程中,要严格执行相关安装规范,确保焊接、埋设等工作的质量,减少可能导致管道破裂或泄漏的质量故障隐患。

3.2 加强管道日常维护,发现隐患

为做好原油管道的巡检和维护工作,管道运营企业需要建立科学系统的管理机制。要根据管线的长度、年限、故障记录等情况,制定详细的巡检计划,确定重点巡检的时间节点、路线和方法,重点检查弯头、瓦力、阀门等关键部位。巡检人员需带齐检测设备,采用目视、打孔、磁粉、超声波等方法,仔细检查管道内外壁的腐蚀情况、应力状态及缺陷问题。对发现的问题,要分类处理,轻微缺陷在记录后继续监测,严重隐患则需要立即停运维修。也要建立科学的维护保养机制,针对不同类型、不同部位的管道损坏,制定有针对性的维修方案。采用补丁修复、热修补、喷涂抗腐蚀涂层等方法,消除安全隐患。同时,加强对阀门、测量仪表、通讯设备等的保养,确保其精准可靠运行。此外,通过完善管道运行日志系统,记录巡

检发现问题、维修保养情况等数据,进行统计分析,找出管道故障的规律,不断优化管道运行管理措施。只有建立系统的巡检和维护机制,才能有效提高管道的安全性和可靠性,预防和减少突发事件的发生。

3.3 建立监测预警系统,实时掌握状况

为实现对原油管道运行状态的实时监测,要在管道沿线的瓶颈部位、阀门组、泵站等关键节点设置在线的压力、流量、温度检测传感器,获取管道运行参数,将数据实时传输至远程监控中心,形成管道全过程的立体监控。要应用先进的无损检测技术,如可提高检测精度的磁化粉检测、能够直接显示内部缺陷的超声波技术等,定期对管道进行扫描,及时发现管壁锈蚀、裂纹等隐患。这些技术可以在管道不停运的情况下快速完成检测。也可以利用云计算和大数据分析技术,建立计算机化的管道运营状态诊断和故障预测系统,收集各节点监测数据,分析管道的实时流量负荷、压力变化规律、腐蚀情况等,对管道故障进行预警,为运维决策提供依据。此外,加强对管道周边区域环境的监测,避免管道遭受外部破坏,如设置视频监控、与施工单位保持沟通等。通过全面监测与智能分析,可以持续掌握管道的实时状况和风险,及时发现隐患并快速响应,大大提高管道的安全性。

3.4 实施应急演练,提高应急响应能力

为有效应对原油管道突发事件,管道运营企业需要建立科学、细致的应急预案。首先,预案中要明确事故报警程序、现场处置步骤、备用设备和材料调度、转运补给方案等,并定期组织演练,检查预案有效性,及时修订完善。演练要模拟不同类型、不同规模的事故,检验联动调度和抢险程序是否到位。其次,要与所在区域政府部门建立密切沟通,掌握区域环境、重要活动等变化情况,以便事故发生后能快速响应。还要与环保、消防、医疗等部门签订协议,获取充足的专业救援力量,并预先储备抢险设备、药品等资源。再次,要与连接的管道企业建立应急资源共享机制,发生事故时可以及时获取人力和设备支援。最后,要定期对应急预案进行评估和演练,发现问题,不断提高应急处置的专业水平。只有系统全面地做好应急准备,才能在事故中取得最好的处置效果。

4 原油管道事故预防的策略

4.1 优化管道运输调度方案,合理配置流量

为合理配置原油管道的流量,保证系统安全运行,可以从以下几个方面入手。第一,建立科学的管道流

量计算模型,考虑管道参数、原油性质、运行环境等因素,准确计算不同管段的最大允许流量。第二,利用先进的流量、压力传感器,实现管道各节点流量和压力的实时监测,一旦超限,快速响应调节。再次,根据不同时期原油供给情况和市场需求变化,合理制定管道之间的流量分配方案,实现资源优化配置。还要考虑季节性、周期性的流量波动,提前做好调配预案。第三,要优化调度管道内的阀门开闭、泵站启停,使各管段流量保持在安全合理范围。第四,应建立预警线和应急处置预案,在流量异常或超限时,管道公司可以启动应急响应,迅速采取措施,将流量控制在安全范围,防止管道事故发生。通过全面优化调度方案,可以有效保证管道系统的安全可靠运行。

4.2 开展风险评估,识别高危管段

为全面评估原油管道的安全风险,可以建立系统的风险评估机制。组建由管道专家、地质勘探人员等组成的评估小组,制定科学的评估方案,考虑管道自身因素和外部环境因素。对历史上发生过事故的管段,采用现场检测和管壁开挖分析,认真分析事故原因,找出管段弱点。同时,重点对运营时间较长的老旧管段进行全面地检查,发现存在的安全隐患。采用先进的检测技术,如在线检测和磁力测量等,对普通管段也进行抽样检查,评估其风险水平。除常规检查外,还要开展第三方评估,提高结果公信力[6]。此外,根据评估结果,采取针对性措施,对高危段限制流量,加强监测,或者及时更换,将风险消除。管道公司还应建立风险库,并定期更新评估结果,为制定管道的维护方案提供依据。通过持续开展科学系统的风险评估,可以有效提高管道的安全性。

4.3 加强操作人员培训,提高专业素质

管道运维人员的操作水平和专业素质,直接影响着管道系统的安全运行。要定期对在职人员进行安全培训,内容包括管道防腐操作规程、设备维护保养流程、应急处置预案等,并进行考核,确保人员掌握知识。也要聘请资深工程技术人员对新入职员工进行专项培训,使其熟练管道的运行与维护流程。针对管理人员和领导层,进行安全生产法规、责任制度等方面的培训,强化其安全意识。另外,要组织演练,模拟事故情况,检验员工的应急响应能力。此外,可安排员工到先进企业学习交流,或选送出国培训,开拓视野。最后,要建立激励机制,对操作出色、事故处理得当的员工给予表彰和奖励。通过持续推进培训,能够极

大增强团队的综合素质,有效提高管道运行的安全性和可靠性。

4.4 规范第三方施工,避免外力损坏

为全面防止第三方施工对原油管道的破坏,管道监管部门需要建立完善的管控体系。管道公司要对管线进行全面排查,使用持久耐腐蚀的材料制作标志牌,在管道地面及重要交叉点显著设置标志,明确标明管线走向、埋深、管径、管线级别、管道公司联系方式等信息。标志设置要科学合理,考虑地形地貌因素,保证施工方能清楚辨识管线位置。监管部门需要建立严格的施工审批制度,施工单位在管道附近进行任何工程,必须提前提交施工方案,由管道公司负责审查验收。施工方案应包含准确管线位置、详细施工工艺流程、潜在风险评估、应急预案等内容。经方案审核通过后,方可获得施工许可。对获得施工批准的单位,管道公司要派专人进行全程监督。监督人员要严格检查其使用的工艺设备,避免采用可能对管道造成损坏的作业方式,全面记录施工过程。必要时,可采用在线监控和预警系统,实时掌握施工动态。监管部门要建立严格的责任追究制度。如果发生管道损坏事故,必须组建事故调查组进行调查,找出责任方,并依法进行处罚。

5 结束语

原油管道事关国计民生,其安全稳定运行对保障经济社会发展至关重要。各相关企业和监管部门应当高度重视管道安全,主动采取有效措施,做好管道的设计、施工、运维各个环节的安全管理工作。同时,还需要加强部门间、企业间的信息共享和协调配合,形成管控合力,使各项安全管理措施能够得到全面贯彻落实。只有这样,才能最大程度降低管道事故风险,确保原油管道长期安全可靠运转,为国家能源安全提供有力保障。

参考文献:

- [1] 郝凤丹.原油储运管道缺陷安全性评价[J].中国特种设备安全,2022,38(05):33-38.
- [2] 黄芬芬.原油管道储运过程中的危险有害因素分析与对策[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(14):21-22.
- [3] 张立明.原油管道储运安全管理方法与事故预防策略[J].化学工程与装备,2019,(11):248-249.
- [4] 隋易,战旗,邵斌.原油管道储运的安全管理方法和事故预防策略[J].化工管理,2018,(24):179.