

# 石油管道安全运行管理与维护策略

李同程 (国家管网集团东部原油储运有限公司, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** 管道作为能源运输的核心基础设施, 其安全稳定运行直接关系到能源供应保障与生态环境安全。本文基于管道运行的风险特征, 从运行管理体系构建与维护技术应用两大维度, 系统分析管道安全运行的关键影响因素, 提出涵盖制度建设、人员管理、技术监控、日常维护、应急处置的全流程管理与维护策略。通过优化管理机制、强化技术赋能、完善应急体系, 为提升管道安全运行水平、降低事故发生率提供理论参考与实践指导。

**关键词:** 管道; 安全运行; 运行管理; 维护策略; 风险防控

**中图分类号:** TE973      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 007-0142-03

## Safety operation management and maintenance strategies for oil pipeline

Li Tongcheng (Eastern Crude Oil Storage and Transportation Co., Ltd., PipeChina, Xuzhou Jiangsu 221008, China)

**Abstract:** As the core infrastructure for energy transportation, the safe and stable operation of oil pipeline directly affects the guarantee of energy supply and environmental and ecological. This paper systematically analyzes the key influencing factors of pipeline safety based on the risk characteristics of oil pipeline operation, and proposes a full-process management and maintenance strategy covering construction, personnel management, technical monitoring, daily maintenance, and emergency disposal. By optimizing management mechanisms, strengthening technology empowerment, and improving emergency systems, this paper provides theoretical references and practical for improving the safety of oil pipeline operation and reducing the incidence of accidents.

**Keywords:** oil pipeline; safe operation; operation management; maintenance strategy; risk prevention and control

石油管道作为能源运输系统的重要基础设施, 以其运量大、成本低、效率高而成为油品运输的主要手段之一, 其安全平稳运行对于保障国家能源供应安全、保护生态环境及维护社会经济稳步运行具有重要意义。

目前, 我国已将石油管道专业化整合, 建成较为完善的石油管道网, 但由于一些管道服役时间较长、所经环境复杂等原因, 存在因腐蚀老化、第三方破坏、地质灾害等因素导致的安全事故频发等问题, 反映出运行管理和维护等方面存在的不足<sup>[1]</sup>。因此, 强化管道安全运行管理、优化维护策略, 是保障能源运输安全、防范安全事故的迫切需求, 对推动“红色能源动脉”高质量发展具有重要现实意义。

### 1 管道安全运行管理核心内容

#### 1.1 制度体系建设

健全的规章制度是管道安全运行的基本保证, 其关键点是管住责任、管住行为、管住考核。

第一, 建立安全生产责任制, “全员参与、逐级负责”, 形成“横向到边, 纵向到底”的安全生产责任网络, 明确管道运营企业管道部、生产部、调控中心以及各输油单位和个人的安全职责, 把安全责任具体化为每一个岗位、每一个环节上的责任, 做到谁负责、谁担责, 一旦出了事故能够找到依据来追究责任。

第二, 需制定完善的安全管理制度与操作规程,

涵盖管道建设、运营、维护、报废等全生命周期环节。建设过程中应建立管道设计、施工、验收等相关制度, 确定设计标准、施工规范及验收指标, 保证管道建设的质量达到安全水平; 运营过程中应建立工艺操作、设备操作、巡检维保等操作规范, 约束人的操作行为, 防止人为误操作造成事故的发生, 明确管道运行压力、热油管道进站温度、清管周期等生产指标界限, 目前某公司正朝着“集中调控、集中监视、区域运维、无人监屏、应急备勤”发展, 为适应新模式, 调度、监视和运维人员需具备更高要求。

第三, 建立监督检查考评机制, 把安全运行管理工作情况作为考核的重要指标, 并建立安全管理奖励金及责任追究机制, 同时, 完善“吹哨人”制度, 引导全员认真执行各项规章制度, 积极预防安全事故发生; 对于违反操作流程规定、导致发生安全问题或者产生事故隐患的情况, 按照相关规定进行追责处理。多方位组织学习相似行业安全事故, 如近期发生的包钢板材厂爆炸事故, 学深学透事故发生原理, 以及预防措施, 同时, 经常性的进行制度执行情况检查及评价, 查缺补漏, 确保制度的科学性、适用性和可操作性。

#### 1.2 人员管理与培训

人员是管道安全运行的重要因素之一, 人的业务水平高低以及责任心强弱都对管道的安全管理和维护工作产生直接的影响, 因此加强人员管理及培训也是

安全运行管理的一个重要方面。首先,严格实行人员管理制度,对于管道企业调控、操作、运维、基层管理人员等生产岗位进行严格的人员资格审查,确定并完善对应的要求,做到精而强,为企业“运检维一体化”模式变革筑牢坚实基础。另一方面,建立常态化培训制度,以基层管理为引领,根据不同岗位不同人员制定相应的培训方案,提高他们的业务能力和应急处置水平<sup>[2]</sup>。对员工进行的安全法律知识、安全管理制度、安全操作规程、危险源辨识、应急救援等方面的教育培训,采取部门例会、集中研讨、事故案例教育、应急演练等方式开展多种形式的安全意识提升和技能强化。

### 1.3 集中监控与风险评价

集中监控与风险评价是预防管道安全事故的有效措施。集中监控主要采用实时、有效的方式进行,建立“全方位、多层次、智能化”的管道集中监控平台,实现对管道运行状态的实时监控及动态预警。

一是及时获取管道运行参数及设备状态信息。

二是建立智能化监控中心,融合现场监测数据、地理信息数据、气象数据等多种类型的数据,借助大数据、物联网等手段开展数据分析和处理工作,并实现对管道运行状态的实时可视化监控,在监测数据超过预警阈值后,系统自动报警提示工作人员进行相应的处理工作,防止事故的发生。

三是结合“少人化、无人化”发展需求,全方位布控摄像头,着力发展AI技术并应用,利用视频轮巡、定点布控、无人机巡线、机器狗巡检等现代化手段,做到输油设备设施全覆盖,安全隐患早发现。

在长距离管输作业中,油品的流动状态对管输的安全性至关重要,应当根据雷诺系数(Re)判断管输流动的状态,当处于层流阶段时, $Re \leq 2000$ ;当处于过渡流阶段时, $2000 < Re < 4000$ ,当处于紊流阶段时, $Re \geq 4000$ ;在生产实践中,因管输计划量大、外输泵存在最低输量等限制,除个别输送“三高”原油管道外,一般情况下长输管道Re在10000~50000,流态的变化也应该是集中监控的重点,保证管输的效果以及安全性。

针对热油原油管道而言,则需要把握其结蜡周期,可观测长输管道中“压力-流量-温度”实时数据,绘制摩阻变化曲线,观测其结蜡情况,若大于所设定限值,则通过调整输压或进行清管作业来减小运行风险;同时,在实际生产中,还应关注热油管道进线油品黏度、凝点以及最小进站温度( $t_{\min}$ ): $t_{\min} \geq t_c + 5^\circ\text{C}$ ( $t_c$ 为原油凝点),且需不低于安全输送温度下限,综合考虑停输再启动风险等多个因素,以保证管道安全连

续输送。

针对成品油管道而言,在输送过程中数质量安全的核心是控制混油长度、下载流速以及切割精度。一般在实际运行中,经验最低混油流速:

$$v_{\min} \geq 0.8\text{m/s}, v_{\min} = Q_{\min} / (\pi \times (D/2)^2),$$

式中 $Q_{\min}$ 表示最小的安全流量( $\text{m}^3/\text{s}$ ),D表示管道内径(m);当流速小于此速度时,混油长度陡增造成油品质量不合格;对于下载流速,目前执行的下载流速不超 $4.5\text{m}^3/\text{s}$ ,对于特殊站场,如江苏某末站双线下载,对于同种油同管线、同种油不同管线、异种油下载有着不同流量规定,应结合规定值设定预定报警值,确保运行可靠性。

对于切割精度计算,及时跟踪前后油品最新密度值,预判可能存在的假油头,若某条管线存在双首站情况,应注意首站至交汇点管段油品密度,算出真实准确切割值,在技术可行前提下,增设界面仪等设备、切割点预设值报警等辅助切割,同时推进智能调控,做到自动切割,发挥“集中调控、集中监视”总调度长的优势。

风险评价方面,建立健全风险评价常态工作机制,定期开展管道全面风险评价工作,确定风险等级及防范重点;从管道本体、周围环境、第三方等方面开展风险评价,采取定性和定量相结合的方式风险评价,比如危险与可操作性分析(HAZOP)、保护层分析(LOPA)、安全完整性等级(SIL)定级和风险矩阵法等。

发现风险隐患点,评估风险发生概率及危害性大小,确定风险等级。对高风险节点进行针对性防范控制措施制定,并落实具体管控责任人及完成时限;对中低风险节点进行常规化防范控制并动态监控风险状态。各个输油单位应严格遵照制度要求,落实站场与管道风险隐患排查,将其控制在可控范围。

## 2 管道安全维护策略

### 2.1 日常维护与预防性维护

日常维护及预防性维护对于减少管道故障的发生、提高管道寿命至关重要。日常维护需按照“定期巡护、及时处理、不留死角”原则,着重做好机泵阀以及附属设施、管道本体、周围环境的巡检维护等工作,对于机泵阀以及附属设备维护上,则定期进行检查及保养,清洁设备表面、润滑转动部位、校验仪表精确度,保证设备运行正常,对老化失效密封件进行及时更换。

在管道本体的维护上,定期对管道线路进行巡护,检查管道是否出现渗漏、腐蚀、变形、裸露等情况,对发现的小面积腐蚀、涂层破损等问题及时修补,例

如采用补口、补伤等形式恢复防腐层；在周边环境管理上，清除管道沿线的杂草、树木等障碍，排查周边施工、占压等第三方活动风险，及时制止危害管道安全行为，在发现第三方施工威胁管道安全的情况下，及时与施工单位沟通协调，采取保护措施<sup>[6]</sup>。

预防性维护是针对管道运行状态以及风险评价的结果，运用合理的维护技术和方法，在发生事故之前，及时排除隐患的一种维护方式。

一方面加强对管道的防腐工作，按照管道的腐蚀种类，有针对性地开展防腐工作，例如使用防腐涂料、阴极保护、缓蚀剂等方式，定期对防腐设施进行检查和维修，保证防腐质量<sup>[5]</sup>。

另一方面，应定期开展管道的内检测，利用超声检测、漏磁检测等方式检测管道内壁缺陷及外壁损伤，评价管道结构完整性，并对检测出的严重缺陷及时检修或更换，防止缺陷发展导致事故发生。

## 2.2 故障维修与应急处置

故障维修及应急处置是对管道突发故障进行处置、减少事故损失的重要措施。对于故障维修工作来说，应该秉承着“快速反应、科学处置、安全高效”的原则开展故障报修与故障维修工作，在管道出现泄漏、堵塞、设备故障等情况时，工作人员要及时上报故障情况，包括故障部位、故障类型、故障影响范围等。维抢修队或作业区专业运维人员在接到报修后，及时制定维修方案，上报作业计划，协调维修人员、设备、物资，到现场实施维修作业<sup>[7]</sup>。

维修作业中，应当遵循安全操作规程，做好相应的安全防范措施，如设立警戒区、能量隔离、气体检测等，避免出现二次事故；维修完毕后，对维修质量进行验收，确认管道恢复至正常运行的状态下后，对管道进行维护档案的更新，分析产生故障的原因，总结维修的经验教训<sup>[3]</sup>。

在应急处置方面，应构建“预防为主、快速响应、协同联动、科学处置”的应急体系。

一是制定完备的应急预案，针对油品泄露事件、火灾爆炸事故、地质灾害事件等不同类型突发生产安全事故，明确应急组织机构、应急响应程序、应急处置措施、应急物资保障等，保证应急预案的针对性、可行性和实用性。

二是加强应急物资储备和管理，在应急预案的基础上，储备充足的应急设备、应急物资并定期对这些应急设备、应急物资进行检查、维护及更新，保证应急物资的良好状态。

三是定期进行应急演练，模拟不同的突发事件，检验应急预案的可行性以及应急队伍的处置能力，及

时发现应急体系中存在的问题，优化应急响应流程，提升协同联动能力<sup>[4]</sup>。

## 2.3 智能化维护技术应用

随着信息技术的快速发展，智能化维护技术为管道安全维护提供了新的解决方案，能够有效提升维护效率与精准度。

一是泄漏检测智能化，应用光纤传感、声波检测、红外成像等先进技术，建立全方面的泄漏检测系统，实现对管道泄漏的快速定位、准确识别。

二是设备状态监测智能化，运用物联网、传感器等技术，对管道附属设备的运行状态进行实时监测，采集设备振动、温度、电流等参数。

三是维护管理智能化，建立智能维护管理信息系统，将管道和设备维抢修资料、设备运行状况、日常检查情况等内容纳入其中，并利用大数据分析技术，优化维护计划，实现维护工作的信息化、可视化管理<sup>[5]</sup>。

## 3 结语

综上所述，做好石油管道的安全管理和运维是保证石油管道安全运行的重要组成部分，涉及到管理制度、人员素质、科技手段以及事故应对等多个层面。根据上述对石油管道安全管理及运维重要性的论述，结合当前实际状况提出了石油管道的安全管理和运维措施，并从常规保养、事故维修以及信息化手段等方面展开了探讨研究，以期能够更好地保障石油管道安全运行<sup>[8]</sup>。

### 参考文献：

- [1] 赵佳雄. 高寒冻土区管道安全运行技术发展[J]. 油气储运, 2024, 43(12): 1440.
- [2] 王锋, 盛峰, 张洋, 等. 管道内检测作业安全分析与清管技术[J]. 油气田地面工程, 2024, 43(07): 9-13.
- [3] 徐岩. 原油长输管线管理与维护[J]. 设备管理与维修, 2023(10): 68-69.
- [4] 闫焕钦. 强化原油长输管道安全管理的措施[J]. 石化技术, 2023, 30(03): 246-248.
- [5] 陆冰. 石油炼化设备运行维护管理存在的问题及应对策略[J]. 中国设备工程, 2022(21): 70-73.
- [6] 缪其玮. 完善石油管道安全运行管理及维护工作的几点建议[J]. 石油石化物资采购, 2022(13): (147-149).
- [7] 包鹏. 石油天然气管道安全管理存在问题及风险应对策略分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(24): 2819-2819.
- [8] 寿坚荣. 浅议石油天然气管道工程的法律风险及应对策略[C]// 上海法学研究集刊(2019年第22卷总第22卷)——《上海法学研究》集刊. 上海: 上海市法学会融孚律师事务所, 2019, 22(22).