

分析石油天然气管道运输的安全防护管理与应对策略

薛巨富¹, 张天龙², 林海鹏¹, 张迪², 张慧敏¹

¹中石油煤层气有限责任公司临汾采气管理区, 山西 临汾

²国家管网集团西北公司山西输油气分公司, 山西 太原

收稿日期: 2025年8月20日; 录用日期: 2025年9月16日; 发布日期: 2025年9月30日

摘要

石油天然气管道运输安全防护管理对于保障能源稳定供应至关重要。本文阐述了该领域应坚持的全局性、多样性和持续性三大核心原则, 强调从整体、多元和全生命周期角度进行管理。在此基础上, 深入分析并提出了具体的安全防护管理策略, 包括优化管道材料选型以适应不同运输条件与环境, 基于风险评价制度合理规划管道布局以降低环境与地质风险, 结合监管制度与应急机制应对人为破坏问题, 合理设置管道运输节点以提升运输效率与安全性, 以及运用数字技术优化监管手段以实现精准预测与快速响应。研究旨在为构建科学、高效的石油天然气管道运输安全防护管理体系提供理论参考与实践指导, 确保管道系统的安全稳定运行。

关键词

石油天然气管道, 管道运输, 安全防护, 管理原则, 管理策略

Analysis of Safety Protection Management and Response Strategies for Oil and Gas Pipeline Transportation

Jufu Xue¹, Tianlong Zhang², Haipeng Lin¹, Di Zhang², Huimin Zhang¹

¹PetroChina Coalbed Methane Company Limited Linfen Gas Production Management Area, Linfen Shanxi

²China Oil & Gas Pipeline Network Corporation, Taiyuan Shanxi

Received: Aug. 20th, 2025; accepted: Sep. 16th, 2025; published: Sep. 30th, 2025

Abstract

The safety protection management of oil and gas pipeline transportation is crucial for ensuring the

文章引用: 薛巨富, 张天龙, 林海鹏, 张迪, 张慧敏. 分析石油天然气管道运输的安全防护管理与应对策略[J]. 石油天然气学报, 2025, 47(3): 568-575. DOI: 10.12677/jogt.2025.473063

stable supply of energy. This paper expounds on three core principles that should be adhered to in this field: comprehensiveness, diversity, and sustainability, emphasizing management from the perspectives of the whole, multiplicity, and full life cycle. On this basis, it deeply analyzes and proposes specific safety protection management strategies, including optimizing the selection of pipeline materials to adapt to different transportation conditions and environments, rationally planning pipeline layouts based on risk assessment systems to reduce environmental and geological risks, addressing man-made damage issues by combining regulatory systems with emergency mechanisms, reasonably setting pipeline transportation nodes to improve transportation efficiency and safety, and applying digital technologies to optimize regulatory means to achieve accurate prediction and rapid response. The research aims to provide theoretical reference and practical guidance for building a scientific and efficient safety protection management system for oil and gas pipeline transportation, ensuring the safe and stable operation of pipeline systems.

Keywords

Oil and Gas Pipelines, Pipeline Transportation, Safety Protection, Management Principles, Management Strategies

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

石油天然气作为重要的能源，在国家经济发展和人民生活中占据着关键地位。随着国内对石油及天然气等能源的使用需求不断提高，石油天然气管道运输系统的规模持续扩大，这使得大规模的能源运输面临诸多复杂性问题，能源管道运输的安全防护管理工作难度也大大增加。传统的安全防护管理模式已无法适应现阶段的工作需求，导致管道泄漏、运输效率低、运输节点有限等问题频发。基于此，从新技术与管道运输节点规划的角度探讨石油天然气管道运输安全防护管理方法，对于提升能源运输安全、运输效率，保障石油天然气管道运输工作的可持续性具有重要意义。

2. 文献综述

2.1. 国外研究进展

在管道安全管理领域，国外学者起步较早且研究成果丰富。早在 20 世纪 80 年代，美国学者就开始关注管道风险评估问题，Kaplan 等(1981) [1]提出了基于概率风险评估(PRA)的管道安全分析方法，该方法通过识别管道运行过程中的潜在风险因素，量化风险发生的概率和后果，为管道安全管理提供了科学的决策依据。随着信息技术的发展，国外在智能监控方面的研究也不断深入。英国的 Allen 等(2005) [2]开发了基于光纤传感技术的管道泄漏监测系统，该系统利用光纤传感器对管道周围的振动、温度等参数进行实时监测，能够在管道发生泄漏时快速准确地定位泄漏点，定位误差可控制在 50 米以内。在管道风险评估模型方面，加拿大的 Battison 等(2010) [3]提出了一种综合考虑管道腐蚀、第三方破坏、自然灾害等多因素的风险评估模型，该模型通过建立风险因素与管道失效概率之间的数学关系，实现了对管道运行风险的动态评估，为管道维护计划的制定提供了有力支持。

2.2. 国内研究进展

国内对石油天然气管道运输安全防护管理的研究始于 20 世纪 90 年代。近年来，随着国内管道建设

规模的不断扩大, 相关研究也取得了显著进展。在管道材料研究方面, 中国石油大学(北京)的李鹤林等(2015) [4]对高强度低合金钢在管道中的应用进行了系统研究, 通过实验分析了不同强度级别高强度低合金钢的力学性能、耐腐蚀性能等, 提出了适合我国不同地区管道建设的材料选择方案。在管道风险评估方面, 中国安全生产科学研究院的刘铁民等(2018) [5]基于国内管道运行的实际情况, 建立了一套针对我国管道特点的风险评估指标体系, 该指标体系涵盖了管道设计、施工、运营等多个环节的风险因素, 通过层次分析法确定了各风险因素的权重, 提高了风险评估的准确性和针对性。在智能监控技术方面, 清华大学的吴建平等(2020) [6]开发了基于物联网技术的管道监控系统, 该系统通过在管道沿线布置传感器节点, 实现了对管道运行参数的实时采集和传输, 结合大数据分析技术, 能够对管道运行状态进行预测和预警, 有效提高了管道监管效率。

2.3. 研究不足与本文学术定位

尽管国内外学者在石油天然气管道运输安全防护管理方面取得了大量研究成果, 但仍存在一些不足之处。在技术方面, 现有智能监控系统的集成度较低, 不同监测技术之间缺乏有效的数据融合机制, 导致监测数据的利用率不高; 在风险评估方面, 现有模型对多因素耦合作用下的管道风险评估精度不足, 难以准确反映管道实际运行过程中的复杂风险状况; 在管理制度方面, 现有研究多侧重于制度的理论构建, 缺乏对制度执行流程和考核指标的深入研究, 导致制度的可操作性不强。

本文以解决当前石油天然气管道运输安全防护管理中存在的实际问题为目标, 在借鉴国内外现有研究成果的基础上, 从新技术与管道运输节点规划的角度出发, 重点研究以下内容: 一是完善数字化监控系统的架构设计, 提出传感器选型与布置原则, 建立有效的数据传输协议和后端分析算法; 二是优化管道风险评估模型, 提高对多因素耦合作用下管道风险的评估精度; 三是构建完善的管道安全管理制度框架, 明确制度执行流程和考核指标, 提高制度的可操作性。通过以上研究, 旨在为提升我国石油天然气管道运输安全防护管理水平提供理论支持和实践指导。

3. 石油天然气管道运输安全问题分析

3.1. 管道材料质量影响管道使用安全

石油天然气管道的材料质量在很大程度上决定了管道运输工作的安全系数。低质量的管道材料难以承受复杂环境的考验以及人为破坏的影响, 这会导致能源在运输过程中无法通过管道媒介正常输送至运输节点。例如, 一些质量不达标的管道材料, 在长期承受管内石油天然气的高压作用下, 容易出现开裂、破损等情况, 进而引发能源泄漏事故, 不仅造成能源浪费, 还可能引发火灾、爆炸等严重安全事故, 对周边环境和居民生命财产安全构成极大威胁[7]。从材料力学性能角度来看, 部分管道材料的抗拉强度、屈服强度等关键指标未达到国家标准要求, 在长期交变载荷作用下, 材料容易产生疲劳损伤, 从而缩短管道的使用寿命。此外, 管道材料的耐腐蚀性能不足也是导致管道失效的重要原因之一, 在潮湿、含盐等腐蚀性环境中, 管道内壁和外壁容易发生腐蚀反应, 导致管道壁厚减薄, 最终引发管道泄漏。

3.2. 管道规划方案缺乏实效性

石油天然气管道的规划布局以网状分布为主, 主干管道用于将能源运输至人群密集度较高的区域, 分支管道则负责将能源运输至沿途区域。然而, 由于中国人群分布情况极为复杂, 石油天然气管道在规划过程中, 未能对分支的布局开展系统性的风险评价, 导致部分分支管道的布置位置缺乏合理性, 使得这些分支管道在使用过程中的危险系数大大提高。比如, 有些分支管道可能被铺设在地质结构不稳定的区域, 容易受到山体滑坡、泥石流等自然灾害的影响, 导致管道损坏; 还有些分支管道可能距离居民区

过近,一旦发生泄漏等事故,会对居民的生命安全造成严重威胁。从管道规划的技术方法来看,现有规划方案多采用传统的定性分析方法,缺乏对管道沿线地质条件、环境因素、人口分布等多因素的定量分析,导致规划方案的科学性和合理性不足。此外,管道规划与区域发展规划的衔接不够紧密,未能充分考虑区域未来的能源需求和发展趋势,使得管道规划方案的前瞻性不足。

3.3. 管道受到人为破坏影响

部分石油天然气管道的运输跨径长、规模庞大,而管道周边的管理站点数量较少。人为破坏问题具有不可预测性、突发性等特征,这使得石油天然气管道运输在安全防护中难以针对人为破坏问题制定有效的防治与治理措施。在缺乏监管系统与报警系统的情况下,如果石油天然气管道在运输过程中受到严重人为破坏,管理人员仅能通过管道运输的能源流量反馈分析出管道受损问题,并且需要花费大量时间定位管道破坏点,这导致石油天然气管道在发现问题、定位问题、治理问题的过程中无法正常运行,严重影响了石油天然气管道的使用效率。人为破坏的形式多种多样,包括非法施工挖掘、盗窃管道设施、故意破坏等,这些行为都会对管道的安全运行造成极大危害[8]。从人为破坏的原因分析来看,一方面是由于部分人员的法律意识淡薄,对管道保护的重要性认识不足;另一方面是由于管道保护的宣传教育工作不到位,未能在全社会形成良好的管道保护氛围。此外,现有管道保护的监管力度不足,对人为破坏行为的处罚力度不够,也在一定程度上助长了人为破坏行为的发生。

3.4. 运输距离影响管道运输安全

石油天然气管道运输需要根据实际的运输距离设置管道节点,以克服压力损失、管道疲劳、温度变化等因素对石油天然气管道运输安全造成的影响。然而,部分石油天然气管道在规划过程中,未能根据运输距离合理布设中继站、泵站等中转站点,导致管道的运输效率严重不足,甚至在一定程度上影响管道运营成本。当运输距离过长时,管道内的压力会逐渐降低,影响能源的输送效率;同时,管道在长期的运行过程中,会因疲劳等因素出现损坏的概率也会增加。如果没有合理设置中转站点,就无法及时对管道内的压力进行调节,也不能对管道进行及时的维护和保养,从而影响管道的运输安全和使用寿命。从流体力学的角度来看,管道内的压力损失与运输距离成正比,与管道直径的平方成反比,因此,当运输距离较长时,需要通过设置中继站、泵站等中转站点来提高管道内的压力,确保能源的正常输送。此外,管道的疲劳损伤与管道的运行时间、压力波动等因素有关,长期运行在高压状态下的管道,其疲劳损伤速度会加快,因此,需要通过合理设置中转站点,减少管道的压力波动,降低管道的疲劳损伤。

3.5. 管道运输监管效率不足

现阶段用于石油天然气管道运输监管的工作措施较为单一,部分地区未能普及以信息技术为首的技术系统,导致管道运输监管工作仅能以人为管理的方式展开。在这种情况下,管理部门不仅无法第一时间掌握管道运输过程中发生的动态事故,也无法快速制定应对管道运输安全事故的响应对策,这大大降低了石油天然气管道运输的安全系数。人工监管存在着诸多局限性,比如监管范围有限、监管效率低下、容易出现疏漏等。当管道发生泄漏等事故时,人工监管往往不能及时发现,从而延误了事故处理的最佳时机,扩大了事故的影响范围。从监管技术的发展来看,现有监管系统多采用单一的监测技术,缺乏对多种监测技术的集成应用,导致监测数据的全面性和准确性不足。此外,监管系统的数据处理和分析能力较弱,无法对大量的监测数据进行实时处理和分析,难以实现对管道运行状态的实时预警和预测。

4. 石油天然气管道运输安全防护管理原则

4.1. 全局性原则

石油天然气管道运输安全防护管理工作应当坚持全局性原则,即应用系统化的管理思维,对区域内的石油天然气管道设备设施进行集中管理,防止局部设施遭到破坏影响管道系统的正常运行。相关部门应当采取抽样管理的安全防护管理方式,定期检查区域内石油天然气管道设施的运行状态,在提高抽样检查管理频率的基础上,实现对天然气管道设施的全局化管理,防止安全防护管理忽略细部的安全隐患问题。通过全局性的管理,可以从整体上把握管道系统的运行状况,及时发现和解决存在的问题,确保整个管道系统的安全稳定运行[9]。在具体实施过程中,相关部门应建立管道系统的全局数据库,对管道的设计参数、施工记录、运行数据等信息进行统一管理,实现管道信息的共享和集成。同时,应建立全局的风险评估机制,定期对管道系统的整体风险进行评估,制定针对性的风险防控措施。

4.2. 多样性原则

多样性原则在石油天然气管道运输安全防护管理中可表现为技术多样性、方法多样性与目标多样性。首先,技术多样性要求采取多元化技术打造全新的监控体系,比如在石油天然气管道运输的监管工作中,相关部门应当持续运用人工巡查管理技术、信息系统警报技术、GIS 地理信息监控技术、传感监控技术等对石油天然气管道设施进行质量监控,防止一切环境因素与人为因素破坏管道设施,提升管理效率。其次,方法多样性要求相关部门应当综合建设方法、改造方法与维修方法,提前建设安全保护设施保护管道运行、落实改造与维修措施来治理安全与运行故障问题。此外,目标多样性则要求相关部门制定多级管理指标,对石油天然气管道运行过程的状态指标进行对比监测,及时采取维护及管理措施解决管道运输事故或故障问题。通过多样性的管理,可以提高安全防护管理的针对性和有效性,应对不同的安全风险和问题。在技术多样性方面,应加强不同监测技术之间的融合与互补,例如将 GIS 地理信息监控技术与传感监控技术相结合,实现对管道位置和运行状态的实时监控。在方法多样性方面,应根据管道的不同运行阶段和实际情况,选择合适的建设、改造和维修方法,例如在管道建设阶段采用先进的施工技术,在管道运营阶段加强预防性维护。

4.3. 持续性原则

在坚持石油天然气管道运输安全防护管理的持续性原则的背景下,相关部门需要将安全防护管理工作贯穿石油天然气管道运输的全生命周期,从规划设计阶段、建设安装阶段、运营阶段、维护更换阶段与退役拆除阶段制定不同的安全防护方法,为石油天然气管道的正常运营提供全周期保护条件。管道的全生命周期中每个阶段都存在着不同的安全风险,只有进行持续的安全防护管理,才能确保管道在各个阶段都能安全稳定运行。例如,在规划设计阶段,要充分考虑各种安全因素,制定合理的管道规划方案;在建设安装阶段,要严格把控施工质量,确保管道的安装符合安全标准;在运营阶段,要加强监管和维护,及时发现和处理问题;在退役拆除阶段,要采取安全的拆除方法,防止对环境造成污染和危害[10]。在具体实施过程中,相关部门应建立管道全生命周期的管理档案,对管道各个阶段的安全防护工作进行记录和跟踪。同时,应建立全生命周期的风险评估机制,根据管道不同阶段的风险特点,制定相应的风险防控措施,确保管道在整个生命周期内的安全运行。

5. 石油天然气管道运输安全防护管理策略分析

5.1. 优化管道材料选型

在石油天然气管道的规划设计与建设安装阶段,相关部门应当通过优化管道材料选型,根据管道运

输距离、运输能源类别等合理选择管道材料,充分发挥管道材料的使用价值。首先,石油及天然气等能源在运输过程中会造成较高的管内压力,如果管道长期用于石油与天然气等能源的运输,且单节管道的运输距离较长,相关部门在规划设计阶段应当采用 HSLA 高强度低合金钢作为管道建设的主要材料,选用 X52 及以上强度的建设钢材打造输油与输气管道,保障管道能够在极端环境下正常用于能源输送。从材料性能角度来看,X52 强度级别的 HSLA 高强度低合金钢具有较高的抗拉强度(≥ 485 MPa)和屈服强度(≥ 345 MPa),能够承受较高的管内压力,同时该材料还具有良好的韧性和焊接性能,便于管道的施工和安装。其次,部分石油天然气管道在建设过程中受到地形与地质条件影响,需要采用架空布设的方式进行安装,这一类管道在运输石油与天然气能源的过程中,容易受到气候条件、环境条件等因素的影响,出现腐蚀、开裂等安全事故问题。基于此,相关部门应当采用 316 或 317 不锈钢材料作为管道建设的主要材料,进一步提高管道系统的耐腐蚀性,应对环境因素对管道运输造成的影响。316 不锈钢材料中含有钼元素,其耐腐蚀性比普通不锈钢材料提高了 2~3 倍,能够在海水、强酸、强碱等恶劣环境中长期使用,而 317 不锈钢材料的耐腐蚀性则比 316 不锈钢材料更高,适用于更为恶劣的环境条件。

不同的管道材料具有不同的性能和适用范围,优化管道材料选型可以提高管道的安全性和可靠性。例如,HSLA 高强度低合金钢具有较高的强度和韧性,能够承受较高的管内压力,适用于长距离、高压力的石油天然气运输;316 或 317 不锈钢材料具有良好的耐腐蚀性,适用于架空布设或在腐蚀性环境中使用的管道。通过合理选择管道材料,可以减少管道因材料问题引发的安全事故,延长管道的使用寿命。在实际选型过程中,相关部门还应考虑材料的成本因素,在满足管道安全性能要求的前提下,选择性价比最高的材料。同时,应建立管道材料的质量检测机制,对采购的管道材料进行严格的质量检测,确保材料的性能符合设计要求。

5.2. 基于风险评价制度合理规划管道布局

为了防止布设后的石油天然气管道受到地质条件、环境条件等因素的影响,出现难以维护、受环境限制大等情况,相关部门应当基于风险评价制度对管道设置的风险系数进行精准辨识,挑选风险系数较低的管道布设路径进行管道建设,降低环境因素对管道运行造成的影响,并提高管道系统运行的安全效率。在实际的管道布局规划中,可用于布局规划参考的风险识别因素包括腐蚀因素、设计施工因素、运行维护因素、第三方破坏因素、自然灾害因素与应急管理因素,相关部门根据每一项风险识别因素对应的制度指标,通过管道建设与运营仿真技术评估每一条管道路径中的能源运输情况,分析实际的运输情况是否符合风险辨识制度指标中的解释说明^[11]。

从风险评价的技术方法来看,首先应建立风险评价指标体系,对每个风险因素进行细化和量化。例如,在腐蚀因素方面,可将其分为土壤腐蚀、大气腐蚀、介质腐蚀等子因素,并根据不同地区的土壤类型、大气环境、介质性质等确定各子因素的权重。其次,采用层次分析法(AHP)对各风险因素的权重进行计算,通过构建判断矩阵,对各风险因素的重要性进行排序。然后,利用管道建设与运营仿真技术,对不同管道路径的运行情况进行模拟,获取管道的失效概率、泄漏量等参数。最后,根据风险评价指标体系和仿真结果,计算每条管道路径的风险系数,选择风险系数最低的路径作为最终的管道布置路径。以应急管理因素为例,其风险识别指标包括事前预防与应急准备、信息监测与安全预警、事发应对与应急响应、事后恢复与资源重建等二级因素,每个二级因素又包含多个三级因素,且每个三级因素都有相应的权重和解释说明。相关部门可以根据这些指标,采用仿真软件统计出各条管道路径对应的风险系数,最终选取风险系数较低的路径作为最终的管道布置路径,确保接收后的石油天然气管道能够易于应急管理。通过基于风险评价制度合理规划管道布局,可以降低管道在运行过程中面临的各种风险,提高管道的安全性和可靠性。

5.3. 结合监管制度应对人为破坏问题

管道管理部门应当结合立法政策建立监管制度,针对管道人为破坏问题制定有效的防治措施。首先,相关部门可以结合《中华人民共和国石油天然气管道保护法》制定相应的处罚措施,通过法律法规和规章制度的震慑力来减少人为破坏事故的发生概率。其次,针对人为破坏危险系数较高的管道布设区域,相关部门应当在周边建设管道保护区,利用智能巡检系统、传感保护系统等基础设施,加大对管道设施的保护力度,帮助相关部门迅速预警可能存在的管道破坏行为。此外针对可能发生的管道破坏事故,相关部门应当根据“预防+快速治理”的工作理念,打造相应的安全巡检机制以及应急响应机制。在安全巡检机制中,相关部门应当成立专项的管道区域巡查小组,着重对重点地区、偏远地区以及易受攻击的管道区域进行定期巡检,预防管道破坏行为的发生。在应急响应机制中,相关部门应分别根据人为破坏事件的报警、区域封锁、组织救援及现场清理等流程设定应急手段,提前预备应急响应工作中应派出的人员团队、应使用的修复工具或封堵设备等,保障应急响应机制健全的基础上,确保相关部门能够在最短时间内对人为破坏事件进行制止与处理。通过完善的监管制度和应急机制,可以有效应对人为破坏问题,减少人为破坏对管道运输造成的影响。

5.4. 合理设置管道运输节点

为了保障石油天然气管道在长距离条件下的运输安全,相关部门应当根据管道布局位置,合理设置管道运输节点的数量及布设位置,保障石油天然气管道运输节点能够满足其运行功能、环境条件以及管网运营等需求。管道气源点主要布置在天然气及石油的原油采集点,确保气源点易于接入油田或气田等能源区域;需求点则布置在天然气及石油等能源消费量较高的最终用户所在地,且点位布设保持易交通性原则,设置在交通枢纽周边位置,降低石油及天然气等能源的运输负荷;压气站节点保持非临近设置的原则,穿插设置在需求点、普通节点当中,用于为运输管道提供足够的运输压力,从而高效调控输送流量;普通节点则根据单段管道的运输距离进行落位控制,选址时设置在主干管道与支线管道交汇处,以及远离一般的危险区域;储气库节点则设置在枯竭油气田、盐穴等安全区,并且能够与主要管网保持双向流动作用。通过合理设置管道运输节点,不仅能够大幅度提升石油天然气管道运输效率,还能够解决环境因素、管道布局因素对管道运行效率造成的影响。例如,压气站的合理设置可以保证管道内的压力稳定,确保能源能够顺利输送到目的地;储气库的设置可以调节能源的供需平衡,提高能源供应的可靠性[12]。

5.5. 数字技术用于优化监管手段

数字技术能够用于监管石油天然气管道系统,确保在出现管道运输故障或事故之前,帮助相关人员及时预测并处理事故问题。相关部门可以基于 Labview 软件开发管道设施监控程序,利用软件中的 GPRS 模块将管道系统对应的终端地址分为多个 ID,即压力数据、阀门开关信号量、管道气体温度、太阳能系统电压、管道心跳等。安全管理部门通过远程调控并输出 GPRS 指令,能够实现对管道设施的远程调控,预防故障问题。比如,通过输出 2byte 指令,选择指令 01 为 TCP 应答、02 为关闭阀门、03 为开启阀门、04 为省电休眠,在遇到管道泄漏问题时,通过远程控制指令能够防止能源继续泄漏,提高管道事故问题的处理效率。

其次,为了防止管道内运输压力过大造成管道泄漏、变形等问题,相关部门可以采用软件与硬件联合检测法,在数字技术的帮助下对管道系统进行远程监控检测。比如,利用 Labview 软件对首端阀室与末端阀室开发监控平台,由监控平台采集各段管道设施的内部物理量(流体压力、温度、流速等),平台自动根据算法对管道内能源的物理量机理关系进行计算,帮助相关部门确定管道是否存在泄漏现象,并快

速通过软件中的负压波传播功能定位泄露点位置。通过数字技术优化监管手段,可以提高监管的效率和准确性,及时发现和处理管道运输过程中的问题,保障管道的安全运行。

6. 结语

总的来说,石油天然气管道运输工作的安全性及工作效率受到多重因素影响,能源管道运输的安全防护管理工作需要应对诸多工作挑战。在未来,相关部门应当基于安全运输管理需求,在坚持全局性原则、多样性原则与持续性原则的背景下,打造全新的石油天然气管道运输安全防护技术体系,以及安全防护管理工作模式,为石油天然气管道运输的安全保护及管理提供完善的基础条件。通过不断优化管道材料选型、合理规划管道布局、加强监管应对人为破坏、合理设置运输节点以及运用数字技术优化监管手段等措施,不断提高石油天然气管道运输的安全性和效率,确保能源的稳定供应,为国家经济发展和人民生活提供有力保障。

参考文献

- [1] Kaplan, S. and Garrick, B.J. (1981) On the Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, **1**, 11-27. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1981.tb01350.x>
- [2] Allen, D., Rogers, A., Jones, J.D., et al. (2005) A Fibre Optic Pipeline Monitoring System. *Measurement Science and Technology*, **16**, 390-397.
- [3] Battison, S.R., Veitch, B., Zhou, X., et al. (2010) A Risk Assessment Model for Onshore Natural Gas Transmission Pipelines. *Journal of Pressure Vessel Technology*, **132**, Article ID: 031203.
- [4] 李鹤林, 吉玲康, 田伟, 等. 高强度管线钢的发展动向[J]. 焊管, 2015, 38(11): 1-10.
- [5] 刘铁民, 周慧珍, 刘功智, 等. 长输油气管道风险评估指标体系研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(10): 5-11.
- [6] 吴建平, 陈龙, 王利明, 等. 基于物联网的油气管道安全监测系统[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2020, 60(5): 353-360.
- [7] 王明昊. 石油天然气管道运输安全防护管理及其应对方式分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(19): 69-71.
- [8] 刘翔. 浅谈石油天然气管道安全管理问题及对策[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(15): 64-66.
- [9] 孙文. 石油天然气管道安全管理问题及对策研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(20): 73-75.
- [10] 王西, 张园园, 李红强. 石油天然气管道运输安全防护管理及其应对方式分析[J]. 清洗世界, 2022, 38(10): 178-180.
- [11] 董一辰. 石油天然气管道运输安全防护管理及其应对方式[J]. 石化技术, 2021, 28(8): 178-179.
- [12] 罗阳. 石油天然气管道储运的安全管理研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(24): 62-64.