

长输管道与站场的风险防控

王崇男（山西华新液化天然气集团有限公司，山西 太原 030032）

摘要：本文开篇深入阐述长输管道与站场风险防控的理论基础，涵盖基本概念、风险类别与特点，以及防控的理论框架与法规标准体系。继而全面剖析风险现状与问题，涉及外部环境、内部结构、站场设备，以及管理体系与人员等层面。最后详细探讨风险防控策略与优化举措，包含外部环境监测、管道内部结构强化、站场设备管控以及运行管理完善等。该研究为提升长输管道与站场安全水平、降低事故风险提供了理论支撑，对完善风险防控体系、保障能源安全稳定供应具有重要现实意义。

关键词：长输管道；站场；风险防控；优化措施

中图分类号：TE88

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)019-0096-03

Risk prevention and control of long-distance pipelines and stations

Wang Chongnan (Shanxi Huaxin Liquefied Natural Gas Group Co., Ltd., Taiyuan Shanxi 030032, China)

Abstract: This article begins by elaborating on the theoretical basis of risk prevention and control for long-distance pipelines and stations, covering basic concepts, risk categories and characteristics, as well as the theoretical framework and regulatory standard system for prevention and control. Subsequently, a comprehensive analysis of the current risk situation and issues will be conducted, involving external environment, internal structure, station equipment, as well as management system and personnel. Finally, a detailed discussion will be conducted on risk prevention and control strategies and optimization measures, including external environmental monitoring, strengthening of internal pipeline structures, control of station equipment, and improvement of operational management. This study provides theoretical support for improving the safety level of long-distance pipelines and stations, reducing accident risks, and has important practical significance for improving risk prevention and control systems and ensuring energy security and stable supply.

Keywords: long-distance pipelines; Station yard; Risk prevention and control; optimization measures

在现代能源体系中长输管道与站场作为能源输送的关键枢纽，肩负着将液体或气体介质长距离运输至各地的重任。然而从理论基础可知其风险复杂多样，现状也暴露出诸多问题。为保障能源安全稳定供应，深入探究风险防控策略与优化措施刻不容缓下文将展开详细阐述。

1 长输管道与站场风险防控的理论基础

1.1 长输管道与站场的基本概念及构成

长输管道作为长距离输送液体或气体介质的埋地压力管道，在能源运输领域占据核心地位。其管径大、压力高、运输量大且运距长，跨越多个行政区域，连接供应方与用户方输送介质丰富多样。长输管道系统涵盖管道线路、输油气站场及附属设施。管道线路由管材、管件、阀门等构成，各部分协同保障运行；输油气站场承担气体接收、过滤、计量等多种功能，按功能划分为首站、末站、中间站。

1.2 长输管道与站场的风险分类及特点

长输管道与站场风险来源广泛主要分为外部环境风险，像自然地质灾害、极端天气，以及第三方施工、非法占压等人为因素；内部结构性风险，包括管道材料老化腐蚀、焊接质量缺陷与应力问题；设备安全风险体现在压缩机、阀门、泵等设备故障以及消防安全

隐患；管理风险，涵盖运行管理制度不完善、应急响应滞后、人员培训不足等方面。这些风险具有隐蔽性、突发性、连锁性、后果严重性等特点给防控工作带来极大挑战。

1.3 风险防控的理论框架与相关法规标准

风险防控遵循风险识别、评估、控制、监控的闭环理论框架。风险识别需全面排查各类风险因素风险评估运用量化手段判断风险大小，风险控制依据评估结果实施工程技术、管理、应急措施，风险监控持续监测防控效果并优化措施。同时相关法规标准，如《中华人民共和国石油天然气管道保护法》《油气长输管道工程施工及验收规范》等，从法律、施工、设计等多层面规范风险防控工作，构建起完整体系有力保障长输管道与站场的安全运行。

2 长输管道与站场的风险现状与问题分析

2.1 长输管道的外部环境风险及影响因素分析

长输管道的外部环境风险复杂多样，地质灾害中滑坡因强降雨使土体饱和抗滑力降低，地震引发地面震动与次生灾害洪水强大的冲刷力与冲击力，均能致使管道变形、破裂，影响能源输送并造成经济损失与环境污染。极端天气下冻融循环使土壤体积变化，造成管道受力不均、防腐层破坏；沙尘暴沙尘磨损管道

外表面；暴雨可能引发洪涝、使管道上浮或被冲毁。第三方施工因施工单位安全意识淡薄、建设单位勘察不足、管理部门信息提供缺失等，易挖断管道。非法占压增加管道受力负担阻碍巡检与抢修，监管存在职责不清、手段落后、处罚不力等漏洞。

2.2 长输管道的内部结构性风险及运行问题分析

管道材料老化及腐蚀严重威胁长输管道安全，长期受输送介质冲刷、化学侵蚀，温度、压力变化影响，管道材料结构改变、强度韧性下降。内壁受介质成分、水分、溶解氧作用，外壁受土壤中水分、酸碱度、微生物影响导致腐蚀。焊接质量缺陷源于工艺参数不当、人员技术不足、材料质量问题。管道运行中的内压、外荷载、温度变化产生应力，焊接缺陷处易应力集中致管道破裂。介质输送时压力控制系统故障、流量变化、气源不稳定、地形起伏等引发压力波动，威胁管道强度与密封性易致泄漏。

2.3 站场设备的安全隐患与管理问题分析

站场设备隐患重重，压缩机长期运行零部件磨损、润滑系统问题，导致密封性能下降、振动噪声异常，影响天然气输送增加运营成本且有安全风险。阀门密封面磨损、阀杆杂质阻碍、驱动装置故障易出现卡涩、泄漏。泵的叶轮受杂质冲击、机械磨损损坏，轴承过热，影响液体输送。站场消防安全隐患多因设备老化、安全管理不到位、通风设施不足。消防管理存在设施配备老化、预案不完善、培训演练不足问题。应急预案启动不及时、缺乏实用性、响应机制不健全、人员处置能力不足影响事故处置。

2.4 管理体系与人员安全意识问题分析

长输管道运营管理漏洞明显，运行管理制度中巡检缺乏监督，设备维护标准不明导致安全隐患难以及时发现与处理，最终可能引发严重安全事故造成经济损失与环境污染。应急响应机制方面，信息传递不畅、指挥体系不健全、救援队伍调度问题致使事故发生后响应迟缓。事故处置能力不足体现为风险评估、堵漏技术、物资储备等方面缺陷导致事故影响扩大。一线人员安全培训因公司重视不足、内容方式单一、监督考核缺失，致使操作规范执行不力，易引发安全事故影响站场正常运行。

3 长输管道与站场的风险防控策略与优化措施

3.1 外部环境风险的监测与防控措施

长输管道外部环境风险多样需有效监测与防控，在地质灾害频发区构建在线监测系统，利用多种传感器实时采集管道周边地表位移沉降、裂缝宽度、管道应力应变、降雨量等参数，科学布设监测点，针对不同区域风险等级动态评估，以便及时预警并采取加固

等措施。同时选用新型耐腐蚀、耐低温管线钢，配合三层 PE 防腐涂层技术，在特殊地段加强防护增强管道耐候与抗冲击能力。对于第三方施工风险依法科学划定管道保护区，不同区域制定不同施工审批要求，并建立信息沟通机制，权属单位全程指导监督施工降低施工对管道安全威胁^[1]。

以四川省某天然气管道为例，其途经山区地震与滑坡风险高。相关部门构建地质灾害监测系统，在关键地段设多个监测点。位移沉降监测点用 GNSS 设备，每 50m 一个能精确测量管道周边土体位移。裂缝监测点用裂缝计，布置在易出现裂缝处如断层附近。在一次强降雨后，监测系统显示某区域地表位移异常裂缝宽度增大。经分析此处有滑坡风险，可能危及管道。相关部门迅速响应对管道周边进行加固，增设挡土墙对裂缝进行填充处理。同时该管道选用新型含镍、铬合金的耐腐蚀管线钢，外涂三层 PE 防腐涂层。在一次地震引发的山体滚石冲击中，因管道材料强度高、防护涂层抗冲击，管道仅表面轻微擦伤未发生泄漏，保障了天然气正常输送。

3.2 管道内部结构安全优化及技术改造策略

保障管道内部结构安全智能检测技术不可或缺，引入超声波检测技术，利用超声波在不同介质传播特性，借助相控阵检测设备多角度扫描管道精准识别内部缺陷。磁通量检测技术基于铁磁性材料磁特性变化原理，通过漏磁检测设备发现管道因应力集中、腐蚀等导致的缺陷，为管道维护修复提供精准数据。针对腐蚀问题选用高性能防腐涂层，如三层 PE 防腐涂层，其环氧粉末底层、胶粘剂中层、聚乙烯外层协同作用有效防腐。

搭配外加电流阴极保护阀，沿线设阴极保护站恒电位仪控制电位，辅助阳极形成电流回路降低腐蚀速率。新建管道项目可优化焊接工艺，采用自动焊接技术并精确调校参数制定严格施工规范与检验标准，提升焊接质量增强管道整体强度。

某长输原油管道运行多年面临腐蚀与内部缺陷隐患，采用超声波相控阵检测，技术人员用设备沿管道逐段扫描，检测中发现一处管道内壁有腐蚀减薄区域且存在微小裂纹。同时磁通量检测发现部分管段因应力集中有微小裂缝及管壁厚度变化，基于检测结果对管道实施修复。

在防腐方面选用三层 PE 防腐涂层，严格按工艺涂覆，涂层厚度、均匀性及附着力达标。安装外加电流阴极保护系统沿线设多个阴极保护站，定期监测调整电位、电流参数。经多年运行监测，该管道腐蚀速率显著降低，维护成本减少未发生因腐蚀导致的泄漏

事故。在附近一新建长输管道项目中采用自动焊接技术，经多次试验确定适合X70钢级管线钢的焊接电流、电压、速度等参数，焊接人员严格按照规范操作，施工后用多种方法检验焊缝确保质量，建成后压力试验与运行监测显示焊接部位强度与密封性良好保障了管道长期稳定运行^[2]。

3.3 站场设备安全提升与风险管控措施

站场设备安全关系重大需构建智能监测与预警系统，针对压缩机，用振动、温度、压力等传感器采集参数，实时分析异常还通过历史数据分析预测故障。阀门监测借助位置、压力、泄漏检测传感器，确保开度正常、无堵塞泄漏。泵的监测依靠流量、压力、温度、振动传感器保障稳定运行。

同时加强消防设施建设，依标准配备多种灭火器、大型灭火系统及消防水系统，安装先进的可燃气体泄漏检测与火灾自动报警系统，制定详尽消防应急预案并定期演练，提升火灾及气体泄漏防控能力。此外完善安全管理流程，明确设备操作规程与巡检制度，巡检人员认真执行，发现问题及时上报处理建立监督考核机制确保工作质量。

某大型天然气站场压缩机长期运行易出故障，安装智能监测与预警系统后，振动传感器实时监测压缩机振动幅度与频率。一次系统显示某压缩机振动幅度逐渐超出正常范围，经数据分析判断可能是轴承磨损。工作人员接到预警后迅速停机检修，更换磨损轴承，避免压缩机故障扩大保障天然气输送。在消防设施方面站场按规范在各区域合理布置灭火器，天然气储存区设大型泡沫灭火系统，安装高精度可燃气体泄漏检测报警系统与火灾自动报警系统。制定消防应急预案定期演练。

在一次演练中模拟天然气泄漏并引发火灾场景，报警系统迅速响应，工作人员依预案启动灭火系统疏散人员，各部门协作配合成功控制火势，提高了站场应对突发事故能力。在日常管理中制定详细压缩机操作规程，明确启动、运行、停机步骤，规定巡检人员每2小时巡检一次按路线检查设备。一次巡检中巡检人员发现一台泵的流量异常及时上报，维修人员检查发现是叶轮有杂物堵塞，清理后设备恢复正常运行监督考核机制保障了巡检工作有效执行^[3]。

3.4 运行管理优化与应急响应体系完善

健全运行安全管理制度，细化巡检与设备维护制度明确各部门职责，巡检制度规定不同地段巡检频次与内容，设备维护制度依设备特点制定计划与标准建立监督机制确保责任落实。构建快速应急响应机制，涵盖应急指挥体系、救援队伍、物资储备、通信系统。

应急指挥中心统一指挥，救援队伍配备先进设备定期演练，物资储备充足并规范管理通信系统保障信息畅通。重视人员安全培训丰富培训内容，采用多种培训方式，建立考核机制与绩效挂钩提升操作人员规范执行力与应急处理能力。

某长输管道运营公司制定全面运行安全管理制度，巡检制度规定一般地段每日巡检，特殊地段每周两次专项巡检。巡检人员按路线检查管道与周边环境。一次巡检中发现管道附近有施工迹象，及时上报经核实施工单位未提前申请，公司立即制止并要求其按规定办理手续。

设备维护制度对压缩机等关键设备每月全面维护。在一次维护中发现一台压缩机密封件磨损，及时更换保障设备稳定运行。该地区建立应急响应机制，应急指挥中心由多部门组成。在一次管道泄漏事故中，指挥中心迅速启动调度救援队伍。抢险抢修队携带专业堵漏设备赶赴现场，消防救援队设置警戒医疗救护队待命。

应急物资储备充足，及时调配抢修材料。应急通信系统保障信息实时传递，各部门协同作战，快速控制泄漏降低损失^[4]。某站场加强人员安全培训，定期集中授课讲解安全知识与操作规程用多媒体展示事故案例。开展现场实操培训让操作人员练习设备操作。组织应急演练模拟管道泄漏事故。在一次演练中操作人员迅速响应，按流程操作应急设备成功完成堵漏与现场处置，考核机制促使操作人员积极提升安全素质与技能保障站场安全运行。

4 结语

长输管道与站场作为能源输送的关键节点其风险防控工作任重道远，本文通过对风险防控理论基础的梳理，风险现状与问题的深度剖析，以及防控策略与优化措施的探讨为保障能源安全供应提供了多维度思路。然而随着能源需求的增长与环境变化，新的风险挑战将不断涌现。未来需持续强化研究创新防控技术与管理模式，确保长输管道与站场的安全、高效运行。

参考文献：

- [1] 赵宏振. 长输管道天然气站场 HAZOP 分析实践 [J]. 天然气与石油 ,2010,28(4):4.
- [2] 张慧娟. 长输油气管道天然气站场风险管理研究 [D]. 上海：华东理工大学 ,2025(03):12.
- [3] 顾晨晨. 某长输管道输油站场安全风险管控研究 [D]. 中国矿业大学 ,2021.
- [4] 张强, 王博, 邓志友. 长输油气管道天然气站场风险管理研究 [J]. 中国化工贸易 ,2018, 10(016):11.