

# 油气长输管道施工安全风险管控措施研究

张依弛

北京兴油工程项目管理有限公司 北京 100000

**【摘要】**：油气长输管道工程线路跨度大、施工周期长，焊接、防腐、吊装、穿跨越、试压等环节交叉衔接紧密，安全风险来源复杂。施工现场常存在风险识别不细、分级管控不清、人员操作不规范、设备检查不到位、应急处置衔接不足等问题。通过建立全过程风险识别清单，实行分级分类管控，细化重点工序安全措施，强化人员培训、设备检验、现场巡查和数字化监测，并完善应急联动流程，可提高风险预警能力和现场处置效率，减少安全事故隐患，保障油气长输管道施工安全稳定推进。

**【关键词】**：油气长输管道；施工安全；风险识别；分级管控；应急处置

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.059

## 引言

油气长输管道承担着能源远距离输送任务，施工区域常穿越山区、河流、道路、农田等复杂地段，现场作业受地质条件、气候变化、机械设备、人员操作和工序衔接影响明显。一旦焊接、防腐、吊装、沟下作业或试压环节控制不严，容易引发设备损伤、人员伤亡、火灾爆炸及环境污染等事故。施工安全管理不能停留在一般检查层面，需要从风险源识别、作业过程控制、责任落实和应急响应入手，形成针对性较强的管控路径，为后续分析安全风险成因及治理措施奠定基础。

## 1 油气长输管道施工风险识别基础

### 1.1 线路勘察阶段风险源定位

油气长输管道线路勘察阶段需要对地质条件、地形复杂性、水文环境以及生态敏感区域进行系统性识别。勘察过程中通过空间信息系统和无人机遥感监测，对沿线可能存在的滑坡、泥石流、塌陷、地表沉降及河流冲刷等风险点进行精确定位，同时结合土壤承载力和管道埋深要求分析潜在管道应力集中区域。线路勘察应引入数字化建模方法，对不同地段风险等级进行量化评价，为后续施工阶段制定针对性防护和加固措施提供科学依据，实现风险可视化和预警化管理。

### 1.2 焊接防腐环节隐患判别

焊接与防腐是长输管道施工中关键环节，其隐患主要来源于材料缺陷、焊接质量波动、防腐涂层不均匀及环境温湿度变化等因素。通过建立焊缝质量追踪档案，采用射线探伤、超声检测及红外热成像等先进检测技术，对焊接焊缝内部缺陷和防腐涂层附着进行全程监控<sup>[1]</sup>。对高温、潮湿或化学腐蚀易发区域进行重点分析和分级管理，结合施工工艺优化和材料选择策略，实现焊接与防腐环节的隐患精准识别和动态控制。

### 1.3 穿跨越作业风险等级划分

穿越道路、河流及铁路等地段作业涉及吊装、管道支架安装及桥架结构受力等复杂作业，存在高风险作业条件。通过施工工序分解和作业环境建模，将不同跨越作业按照风险等级进行量化划分，并结合荷载分析、施工支撑体系稳定性以及流体

管道振动特性，识别潜在破坏或事故触发点。引入数字孪生技术对施工方案进行模拟推演，实现穿跨越作业的动态风险管理，同时通过施工阶段监测数据反馈，优化施工节奏与作业顺序，确保管道整体稳定性和作业安全性。

## 2 施工安全风险成因及薄弱环节

### 2.1 人员安全意识不足造成操作偏差

施工现场人员在操作过程中对安全规程掌握不充分，易导致焊接、吊装、管道对接等关键工序操作偏差。安全意识不足表现为风险识别滞后、作业顺序忽视、应急处理不规范等问题，增加事故发生概率。通过作业标准化流程、施工行为监测及动态风险提示，可对潜在偏差进行识别和管控。将安全意识教育与数字化管理平台相结合，实时记录操作偏离情况，为风险分析提供数据支撑，实现对操作偏差的预防性干预和精细化管理，提高施工环节安全稳定性。

### 2.2 设备检验缺失引发机械伤害隐患

施工设备在长输管道项目中承担焊接支撑、吊装运输及液压试压等作业，设备检验不完整或周期不规范将导致机械故障、受力异常或操作失控。缺乏系统性检验和数据追踪会降低风险预警能力，使关键环节暴露于潜在危险中<sup>[2]</sup>。通过建立设备全生命周期管理体系，对入场设备进行分级检测、定期维护、运行状态监测及异常数据分析，实现设备状态可视化和隐患可追溯。数字化检测技术与智能传感结合可及时发现缺陷，实现机械伤害隐患的动态管控和预防性维护。

### 2.3 工序衔接混乱增加交叉作业风险

管道施工涉及焊接、防腐、吊装、穿跨越、试压等多环节连续作业，工序衔接不清或信息传递不及时易引发交叉作业冲突。作业时间、空间及作业资源调配不科学可能导致管道局部承载异常、设备干涉及作业干扰，形成潜在事故源。通过工序排布优化、作业顺序数字化模拟及关键节点实时监控，实现施工节奏可控。应用信息化管理平台和施工现场可视化系统，对交叉作业状态进行实时跟踪和风险等级动态更新，确保各工序协调高效，降低事故触发概率。

### 3 重点施工环节风险管控措施

#### 3.1 人员操作偏差对应培训考核机制

施工人员在油气长输管道施工中承担焊接、防腐、吊装及试压等关键工序，操作偏差直接影响施工安全和工程质量。针对人员操作偏差问题，可构建分层分类培训体系，将风险等级高的作业环节纳入重点培训内容。培训内容应涵盖作业规程、风险识别、应急处置、设备操作规范及施工工序衔接要求，并结合虚拟仿真和数字化模拟手段进行操作演练，实现作业场景可视化和操作行为反馈。培训结束后，通过分阶段考核和绩效追踪机制，对操作规范性、风险敏感度和应急处理能力进行量化评价。考核结果与施工资格挂钩，实现培训闭环管理。同时引入施工现场实时监控系统和智能预警设备，对关键岗位操作行为进行数据采集和异常分析，为培训内容优化和操作偏差纠正提供动态支撑，从而将人员操作偏差降至最低，提升整体施工安全水平和风险管控能力。

#### 3.2 设备隐患对应进场验收巡检制度

施工设备在长输管道项目中涉及吊装机、焊接机、液压试压设备及辅助机械，其运行状态直接影响施工安全。为管控设备隐患，应建立设备全生命周期管理制度，明确设备进场验收、定期巡检、维修维护及异常处理流程。进场验收包括关键部件完整性检查、功能试验、数据记录及安全性能验证，确保设备符合施工要求。巡检制度应按照作业风险等级进行分级管理，高风险设备实施日常监控及智能传感数据分析，实现状态可视化和异常预警<sup>[3]</sup>。设备维护记录和检修历史应建立数字化档案，通过数据分析识别潜在故障趋势，提前制定处置措施。施工现场结合巡检结果动态调整作业方案，防止设备异常造成作业干扰或事故。同时，设备管理与施工管理平台联动，将设备状态与作业任务、人员操作记录关联，实现设备风险管控精细化、实时化和可追溯化。

#### 3.3 交叉作业风险对应区域隔离调度方案

管道施工过程中，焊接、防腐、吊装及穿越作业往往同时在不同区域展开，存在工序冲突和资源干扰的风险。为降低交叉作业风险，可建立区域划分与动态调度机制，将施工现场按照作业类型、风险等级及空间条件划分为独立作业单元，并明确作业优先顺序及安全距离。调度方案结合施工进度计划、资源配置和关键节点约束，通过数字化施工平台进行仿真模拟，实现作业冲突预测和调整优化。高风险区域实施物理隔离和标识管理，同时配置应急防护设备和监控设施，确保各作业单元安全运作。实时调度结合施工监控系统，将作业状态、人员位置、设备运行情况与风险等级同步更新，为施工指挥提供决策依据，实现交叉作业安全风险动态可控，降低事故发生概率，提高施工效率和作业安全稳定性。

### 4 全过程安全监督及应急处置路径

#### 4.1 施工前风险清单动态更新

施工前风险清单动态更新应以线路条件、施工工艺、设备配置、人员资质和外部环境变化为核心，形成可调整、可追踪、可预警的风险识别体系。长输管道施工区域跨度大，不同标段在地质结构、地下障碍物、水文条件、交通干扰和生态管控要求方面存在明显差异，固定化风险清单难以覆盖现场变化。风险清单编制需要结合设计资料复核、现场踏勘记录、专项施工方案和历史隐患数据，对沟槽开挖、管材运输、焊接组对、防腐补口、吊装下沟、穿跨越作业、强度试压等环节逐项设置风险点、风险等级、责任岗位和控制标准。数字化管理平台可将风险清单转化为动态数据库，依据施工进度、气象信息、设备状态和作业面变化进行实时修订。高风险工序开工前应开展专项风险再辨识，将新增危险源、临时作业条件和交叉施工影响纳入清单管理。风险清单更新不能停留在表格登记层面，应同步生成作业许可条件、技术交底内容和现场检查重点，使施工前准备、审批流程和风险控制形成联动关系，避免风险识别滞后造成现场管控失准。

#### 4.2 施工中现场巡查闭环整改

施工中现场巡查闭环整改应突出过程控制、问题追踪和责任落实，重点覆盖长输管道施工中易发生事故的高风险区域和关键工序。巡查内容需要从单一安全检查转向风险状态核验，重点检查沟槽边坡稳定、吊装作业半径、焊接动火条件、防腐补口质量、临时用电布设、设备运行状态、作业人员持证情况和安全防护设施完整性。巡查方式可采用定点检查、移动巡检、视频监控和智能终端记录相结合的模式，对发现的隐患进行拍照定位、风险分级、责任派发和整改时限设定。一般隐患应现场确认整改措施，较大隐患应立即暂停相关作业并启动专项复核。闭环整改关键在于形成“发现—登记—派发—整改—复查—销项”的完整链条，避免隐患反复出现或整改流于形式<sup>[4]</sup>。信息化平台可对同类隐患出现频次、区域分布和责任环节进行统计分析，识别管理薄弱点并调整巡查重点。对焊接、防腐、试压、穿跨越等重点作业，可设置旁站监督和关键节点验收机制，将巡查结果与施工进度、质量验收和安全考核挂钩，提高现场安全风险处置的及时性和精准性。

#### 4.3 突发事故应急响应分级联动

突发事故应急响应分级联动应根据事故类型、影响范围、危害程度和处置需求建立分层处置机制，确保长输管道施工现场在发生人员伤亡、机械失控、火灾爆炸、沟槽坍塌、试压泄漏、环境污染等突发事件时能够快速启动响应。应急体系需要明确预警信号、报告路径、响应等级、处置权限和资源调配方式，将项目部、施工班组、监理单位、建设单位及属地应急力量纳入统一联动框架。一级响应可用于现场可控的小范围险

情,重点完成风险隔离、人员撤离和初步处置;较高等级响应启动专项应急预案,调配医疗救援、消防处置、抢险设备和环境监测力量。应急管理不能局限于预案文本,应结合管道施工特点设置应急物资分布点、疏散路线、临时警戒区和通信保障措施。数字化调度系统可对事故位置、人员分布、设备资源和周边环境进行快速匹配,提高应急决策效率。定期演练应针对高风险工序开展情景化推演,检验预警发布、现场指挥、协同处置和信息报送的衔接效果,使应急响应从被动处理转向主动预防和精准联动。

## 5 安全风险管控实施成效提升

### 5.1 隐患发现效率提升

数字化巡检与智能监测实现施工隐患快速发现。关键工序与高风险区域的安全状态通过传感器数据、作业计划和风险清单实时比对生成异常报告,并对高风险点优先处理,实现风险分类和等级化管理。巡查流程由传统人工检查转向数据驱动预警,显著缩短隐患暴露到处理的时间。巡查结果自动记录在管理平台,形成可追踪、可分析的隐患档案,为整改提供数据支撑<sup>[5]</sup>。对历史高发风险区域可结合统计分析在现场信息制定重点巡查策略,使隐患发现与施工节奏协调统一,确保安全管理更加精细化和可量化。

### 5.2 事故发生概率降低

全过程风险识别、重点环节管控和操作规程执行显著降低施工事故发生概率。关键工序及高风险区域采取分级防控措

施,施工任务按风险等级调度,作业行为实时监控并及时纠正异常操作。设备检验、材料质量追踪及作业规范执行情况全程记录,实现潜在危险的早期暴露和防护。交叉作业通过区域隔离和动态调度降低冲突风险。安全隐患闭环管理与应急演练结合,将突发事件影响控制在最小范围,有效减少人员伤害、设备损坏及环境事故,保障管道施工安全持续可控。

### 5.3 施工安全管理水平稳定增强

系统化风险管控、动态巡查及应急响应体系建设提升施工安全管理水平。安全管理标准、风险清单和作业规范统一信息平台,实现管理流程可视化和责任可追溯。关键区域和工序的风险监控、人员操作考核及设备状态管理形成闭环管理体系,将安全管理从经验依赖转向数据驱动和流程化控制<sup>[6]</sup>。风险数据分析与作业行为记录为决策提供科学依据,优化安全策略。信息化手段结合施工实际,实现风险预测、隐患发现、整改落实及应急处置的动态循环,提高整体安全水平,保障油气长输管道施工稳定推进。

## 6 结语

油气长输管道施工安全风险管控需要贯穿线路勘察、焊接防腐、穿跨越作业、设备管理和应急处置全过程。以风险识别为基础,以分级管控为核心,可推动隐患排查更精准、整改流程更闭合、现场监督更高效。数字化监测、智能巡检和动态清单管理的应用,有助于降低事故发生概率,提升施工安全管理的规范化、精细化水平。

## 参考文献:

- [1] 荆宏远,黄良,杜毅,等.震后长输油气管道安全快速评估框架的初步构建[J].安全与环境工程,2025,32(6):82-93.
- [2] 王小波.湿陷性黄土地区长输油气管道地质灾害风险与防护技术研究[J].中国化工贸易,2025,17(33):163-165.
- [3] 徐景山,左晓燕,韩锋.油气长输管道建设施工安全风险识别及应对措施[J].现代职业安全,2025,(10):32-34.
- [4] 杨磊.油气长输管道施工中的焊接技术探讨[J].全面腐蚀控制,2023,37(6):31-33.
- [5] 孙晓宇.焊接工艺在油气长输管道施工中应用探讨[J].全面腐蚀控制,2023,37(6):44-46.
- [6] 房东.油气长输管道施工中的焊接技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(14):189-191.