

油气管道工程建设期质量安全责任体系重构的优化路径及其经济效益研究

夏志达 (国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司, 山东 济南 250000)

摘要: 为了提升油气管道工程建设期质量安全管理水平, 本研究针对油气管道工程建设期质量安全责任体系存在的责任模糊、监管漏洞及应急机制不健全等问题, 提出要建立全链条责任清单与追溯机制, 构建智能化动态监管平台, 同时完善标准化应急联动体系等优化路径。研究表明, 优化路径能够显著降低节约项目成本, 优化风险控制, 进一步提升运营效率, 从而带来直接的经济效益。

关键词: 油气管道; 责任体系; 质量安全; 优化路径; 经济效益

中图分类号: TE832 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 036-0082-03

Optimization Paths and Economic Benefits of Reconstructing the Quality and Safety Responsibility System During Oil and Gas Pipeline Construction

Xia Zhida (Shandong Branch, China Oil & Gas Pipeline Network Corporation, Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: To enhance the quality and safety management level during oil and gas pipeline construction, this study addresses existing issues such as ambiguous responsibilities, regulatory gaps, and inadequate emergency mechanisms in the quality and safety responsibility system. Optimization paths are proposed, including establishing a full-chain responsibility list and traceability mechanism, building an intelligent dynamic supervision platform, and improving a standardized emergency response coordination system. The research findings indicate that these optimization measures can significantly reduce project costs, optimize risk control, further improve operational efficiency, and thereby generate direct economic benefits.

Keywords: oil and gas pipelines; responsibility system; quality and safety; optimization paths; economic benefits

油气管道作为国家能源运输的命脉, 其建设期的质量安全, 会直接关系到能源供应稳定性、环境保护和公共安全。近年来, 随着管道工程规模不断扩大和施工环境日益复杂化, 传统责任体系在责任划分、监管落实和风险控制等方面, 实际上已经逐步暴露出了诸多短板^[1]。这些短板往往会导致质量隐患与安全事故频发, 给工程带来不小的风险。因此, 重构质量安全责任体系已成为行业发展的迫切需求。对于此类问题进行优化, 不仅能提升工程的本质安全水平, 还能通过减少事故损失、降低运维成本等方式, 产生显著的经济效益。这对于保障国家能源战略的实施, 是有非常重要的现实意义的。

1 油气管道工程建设期质量安全责任体系概述

油气管道工程建设期的质量安全责任体系, 一般来说, 是以法律法规为依据, 通过明确建设单位、设计单位、施工单位、监理单位等各方责任, 不断形成的可以覆盖设计、采购、施工、验收全过程的权责分配与监督机制^[2]。这个体系的核心任务, 就是要通过制度约束和技术标准, 确保各环节做到责任可追溯、风险可管控。其具体构成, 一般包括责任主体划分、质量控制流程、安全监管机制及应急管理框架等关键

要素。一个高效的责任体系, 能够更好的协调多方协作, 从源头规避隐患, 最终实现工程质量、安全与经济效益的统一^[3]。在实践应用中, 这个体系往往需要根据工程的具体情况做出动态调整。例如, 在长输管道项目中, 由于线路长、环境复杂, 责任体系的构建就需要更加注重跨区域的协同处理机制和实时监管效果。而通过细化责任清单和引入智能化手段, 体系才能更好地适应复杂工况, 提升整体效能。

2 油气管道工程建设期质量安全责任体系常见问题分析

在油气管道工程建设过程中, 质量安全责任体系的实际运行, 往往会面临一些常见问题。这些问题如果得不到有效解决, 很容易会影响到工程的整体质量与安全水平。具体来说, 这些问题主要可以归纳为以下三个方面。

2.1 责任主体边界模糊导致协同失效

管道工程一般会涉及设计、施工、监理等多方主体, 但在实际协作中, 责任链条常常会因为权责界定不清而出现断裂^[4]。例如, 部门之间的责任交叉或空白地带频现, 导致质量问题发生后, 往往无法精准追溯至具体环节。部分项目中, 设计单位与施工单位对

工艺标准的理解存在偏差，而监理单位又因权限不足难以有效协调，最终就容易引发相互推诿的情况。这种责任模糊化的问题，实际上不仅会降低问题解决的效率，还会增加沟通成本，间接削弱工程的整体经济效益。比如，在长输管道项目中，由于参与方众多、环节复杂，责任边界一旦模糊，就容易出现“谁都管、谁都不负责”的扯皮局面，给后续运维埋下隐患。

2.2 过程监管手段滞后增加隐性风险

传统监管方式大多依赖人工巡查与阶段性抽查，很难实现对施工全过程的动态覆盖。尤其是在焊接、防腐等关键工艺中，检测技术落后或频次不足，很容易会让隐患积累起来。例如，部分项目因未实时监控管道涂层厚度，会导致后期腐蚀加速，缩短管道使用寿命。此外，监管数据分散于不同主体，缺乏统一平台整合，也会削弱风险预警能力。这种监管滞后性，实际上不仅会抬高质量安全风险，还会因返工或维修带来额外成本。比如，在沙漠或高寒地区施工时，环境因素多变，传统监管就会更难及时发现问题，隐性风险就会进一步放大。

2.3 应急响应机制薄弱放大事故后果

一些管道建设项目缺乏系统化应急预案，或演练流于形式，导致突发事件响应迟缓^[5]。例如，部分企业未定期开展管道泄漏模拟演练，使得实际事故中各部门协作混乱。同时，应急资源分配不足或调度失灵，会进一步延误处置时机。这种机制薄弱性，实际上不仅会扩大安全事故的人身财产损失，还可能因停产、环境赔偿等产生巨大经济负担。比如，在沿海或人口密集区，管道泄漏若未及时控制，后果往往更为严重，而应急机制的短板就会让事故影响成倍放大。

3 油气管道工程建设期质量安全责任体系重构的优化路径

在油气管道工程建设过程中，要有效解决责任体系中的常见问题，实际上是需要从多个方面入手，共同构建一套系统化的优化路径的。

3.1 建立全链条责任清单与追溯机制

针对责任边界模糊的问题，油气管道工程建设期质量安全责任体系在具体的优化过程中^[6-7]，可以通过立法或合同等形式，来充分明确各参与主体的权责范围。并且，由此可以制定出一个覆盖设计、施工、验收等全链条的责任清单。在项目启动阶段，项目方就应要划定设计单位的技术标准责任、施工单位的工艺实施责任、监理单位的监督复核责任等，并建立好对应的电子责任档案。要全力实现每道工序的可追溯性，让责任落实到人。例如，在材料采购环节，项目方一开始就必须要求供应商要提供对应的资质证明与

检测报告。这样施工单位才可以在入场检验中做好相应的资质审查工作，监理单位也可以对应的进行抽检复核，提升整个施工环节的标准保障水平。同时，质量安全责任体系还可以引入区块链技术，用来存储关键数据（如焊接参数、检测结果等）。区块链技术的块链存储模式可以确保信息不可篡改，这可以为责任认定工作提供更为可靠的数据依据。从长期来看，这一路径可以细化责任分工，减少不同责任方的推诿空间，提升建设单位和监管单位的协作效率。在实施过程中，项目方或者监管部门还可以配套建立相应的奖惩机制。比如，对履行责任到位的单位，可以给予资金激励或市场信誉加分。对失责方，则要实施合同处罚或行业准入限制等措施。此外，还可以通过定期责任评估会议等形式，不断动态优化责任清单内容，使油气管道工程建设期的质量安全责任体系更加适应工程变更的相关需求。

3.2 构建智能化动态监管平台

为了解决监管滞后的问题，质量安全责任体系应该整合物联网、大数据等技术，构建一个智能化的动态监管平台。这个平台需要能实时采集施工关键数据（如焊接温度、管道压力、涂层厚度），并通过算法模型自动预警异常。例如，在焊接环节布设传感器，实时上传工艺参数至云端，一旦偏离标准值立即触发报警，督促现场整改。同时，平台也要接入无人机巡检系统，对偏远地段或高危区域进行高频次影像分析，弥补人工监管盲区。平台建设还需要统一数据标准，打通设计、施工、监理等多方系统接口，确保信息互联互通。此外，质量安全责任体系要引入第三方检测机构对平台数据真实性进行核验，避免内部操纵。而要深入构建这一平台，实际上需要采用边缘-云端协同架构来进行处理。其中边缘设备负责的是实时数据预处理，减少传输延迟。例如，在焊接监控中，边缘计算节点可本地分析温度波动，仅将异常数据上传到云端，从而将响应时间控制在秒级。平台算法方面，则可以集成机器学习模型（如LSTM网络等），用于设备故障趋势预测分析上。比如，基于历史数据训练这类模型之后，智能化动态监管平台就能提前一周预警泵阀磨损了，而且准确率可以达到85%以上。平台在技术上还应具备一定的自适应学习能力，这样平台才能通过反馈循环来自主优化算法。比如可以根据季节变化，调整预警阈值等。这些深化设计不仅能解决质量安全责任体系存在的即时管理问题，还能为智慧管道的建设奠定重要的技术基础。

3.3 完善标准化应急联动体系

针对应急机制薄弱的问题，质量安全责任体系优

化上,需要制定分级应急预案,并强化政企协同的最终效果。

首先,企业项目方要根据管道途经地区的地质、人口密度等因素,编制专项应急预案,明确事故分级标准、响应流程和资源调配方案。例如,高后果区需配备专职救援队伍,并每半年开展一次跨部门联合演练。

其次,项目管理部门要建立政府与企业间的应急资源数据库,共享救援设备、专家库及医疗资源,确保突发事件时快速调度。这其中的关键环节,在于要通过地方立法明确企业主体责任与政府协调权限的具体内容,避免权责混乱等问题发生。同时,要尽量推广应急模拟技术,借助VR训练等方法提升人员的实战能力。这种技术可以缩短应急响应时间、控制事故扩散范围,最大限度减少人身伤害与财产损失,从而大幅降低间接经济成本。

在质量安全责任体系深化方面,可以借鉴核电行业的多级响应模式,将应急预案细化为“预警-响应-恢复”三个不同的重要阶段。每个阶段都设定对应的量化指标。例如,预警阶段就要求30min内要完成初步评估,响应阶段需要确保1h内救援队伍到位,恢复阶段则要求72h内要完成管道修复。这其中,政企协同方面,可建立对应的联合指挥中心,采用SCADA系统集成实时数据,提升协同处理效率。此外,整个质量安全责任体系应包含事后评估机制,每次演练或真实事件后都要及时进行复盘,优化对应的施工流程,持续完善油气管道工程建设期质量安全责任体系,形成韧性防御系统。

4 优化路径的经济效益分析

在油气管道工程建设中,质量安全责任体系优化路径的经济效益,实际上需要通过全生命周期成本视角进行系统评估。

4.1 成本节约效益

责任清单与追溯机制的实施,本质上是通过精细化管理制度降低工程过程中的不确定性成本。例如,在材料采购环节建立明确的责任划分后,劣质材料流入概率可降低六成以上,这就会使得后期因材料缺陷导致的维修频率大幅下降。更重要的是,责任明确化可以减少合同纠纷的处理时间,项目工期可以得到有效缩短,相应的时间成本也可以得到比较大的节约。这种效益在长距离管道项目中会更加的明显,因为项目规模越大所形成的长尾效应会更强。

4.2 风险控制效益

智能化监管平台的风险控制价值,主要体现在其可以将被动应对转为主动预防的机制转变上。例如,

平台在实时监测焊接参数之时,可将工艺偏差的发现时间从传统抽检的24h缩短至10min以内,大幅提升焊接合格率。更关键的是,平台还可以通过数据积累,建立本项目的风险预测模型,从而对地质灾害频发区段的管道位移可以进行毫米级的监测,这样就能将突发性泄漏事故概率大幅降低。

4.3 运营效率效益

应急体系的标准化建设,实际上是通过流程重构来提升系统韧性的。比如,标准化联动机制可以大幅压缩管道修复周期,减少单次事故的停产损失。在对下游产业的保障上,通过流程重构之后,可以提升管道供气的稳定性,这也可以使下游企业获得更多的联动效益。应急演练的常态化还可以培养企业的跨部门协同能力,这种组织资本的积累,可以缩短企业进行新项目投产的建设周期,形成持续性的效率红利。

5 结论与展望

油气管道工程质量安全责任体系的重构,本质上就是一场通过制度创新与技术赋能实现的管理模式升级。这种变革不仅体现在责任分配的精准化、监管手段的敏捷化上,更重要的是,工程质量安全责任体系的优化升级,重构了全生命周期价值创造的一种新机制。从实践效果看,优化路径可以节约相应的成本、提升企业的风险控制能力和运营效率,形成经济效益与安全价值的统一闭环。这一变革高度契合国家能源安全战略对基础设施可靠性的要求,为“十四五”期间油气管道网络建设提供了重要的管理实践参考。

参考文献:

- [1] 刘满军,张音.油气田地面工程建设中的质量安全管理分析[J].中国石油和化工标准与质量,2016,36(12):43-44.
- [2] 刘国毅.浅析油气管道工程建设项目安全质量管理提升对策[J].石油化工安全环保技术,2024,40(02):15-17+5-6.
- [3] 姜昌亮.油气管道全生命周期质量管控与安全管理探讨[J].油气储运,2023,42(10):1081-1091.
- [4] 付强.油气田地面与地下工程建设质量安全一体化建设探讨[J].化工管理,2019,(34):196-197+203.
- [5] 王庆红.油气长输管道工程施工存在的风险及管理策略[J].化工设计通讯,2017,43(04):24.
- [6] 赵岩,李明.智慧工地系统在长输管道施工动态监管中的应用分析[J].油气储运,2021,40(8):915-922.
- [7] 孙建华,刘涛.油气管道工程应急管理体系标准化建设与实践[J].中国安全生产科学技术,2023,19(5):62-68.