

规范更新背景下天然气管道完整性管理的适应性优化研究

李宝生

广东大鹏液化天然气有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i1.19002

[摘要] 为适配TSG31-2025等新规对天然气管道全生命周期管控的升级要求,解决企业管理体系、技术手段、数据治理及人员能力与新规不匹配的痛点,本文开展完整性管理适应性优化研究。从构建差异化全生命周期管理体系、升级精准化风险管控技术、搭建标准化数据治理平台、强化人员能力与合规保障四方面,提出针对性优化路径。研究可为天然气管道运营企业合规运营、提升本质安全水平提供实践参考,推动行业从经验型管理向精准化、数字化管理转型,助力能源输送安全与行业高质量发展。

[关键词] 规范更新; 天然气管道完整性管理; 适应性优化

中图分类号: TE64 文献标识码: A

Research on Adaptive Optimization of Gas Pipeline Integrity Management under the Background of Normative Updates

Baosheng Li

Guangdong Dapeng Liquefied Natural Gas Co., Ltd.

[Abstract] To adapt to the upgraded requirements of TSG31-2025 and other new regulations for the full life cycle management of natural gas pipelines, and to address the pain points of mismatch between the enterprise's management system, technical means, data governance, and personnel capabilities and the new regulations, this paper conducts research on the adaptive optimization of integrity management. From the aspects of constructing a differentiated full life cycle management system, upgrading precise risk control technology, building a standardized data governance platform, and strengthening personnel and compliance guarantees, specific optimization paths are proposed. The research can provide practical references for natural gas pipeline operation enterprises to comply with regulations and improve the intrinsic safety level, promote the transformation of the industry from experience-based management to precise and digital management, and contribute to the safety of energy transportation and the high-quality development of the industry.

[Key words] Normative updates; Gas pipeline integrity management; Adaptive optimization

天然气管道作为国家能源输送的“生命线”,其安全稳定运行直接关系国民经济发展、生态环境安全与社会公共利益。近年来,随着我国能源结构转型深化、“双碳”目标推进及油气开发向深水、远海、复杂地质区域延伸,天然气管道服役环境日趋复杂,风险因素呈现多元化、叠加化特征。为应对行业发展新挑战TSG31-2025《工业管道安全技术规程》于2026年1月1日正式实施,替代旧规构建全生命周期管控体系,GB/T42033-2022《油气管道完整性评价技术规范》以及SY/T7342-2016则为海底管道管理提供专项依据,推动行业转型。基于此,本文立足规范更新核心诉求,探索针对性优化路径,为企业合规运营、提升本质安全水平提供理论支撑与实践参考。

1 规范更新核心内容与天然气管道完整性管理适配痛点

1.1 规范更新核心变革方向

本次规范体系更新以全生命周期管控为核心,形成多维度升级格局。在管控范围上,TSG31-2025首次将高压管道($\geq 42\text{MPa}$)、非金属管道、动力管道、机场供油管道纳入规范范畴,填补了特殊管道长期“无规可依”的空白,明确了不同类型管道的差异化管控要求。在管理流程上,强化“材料-设计-安装-使用-检验-废弃”全链条闭环,要求GC1级、高压管道实行四级设计签字制度,安装后强制开展耐压与泄漏试验,废弃阶段需满足环保优先的规范化处置要求,破解了旧规“重安装、轻使用、弱废弃”的管理漏洞。在技术标准上,GB/T42033-2022明确了数据对齐整合、缺陷评价方法等技术要点,推荐定性与定量结合的风险评估模式,SY/T7342-2016则针对海底管道腐蚀、地质灾害等核心风险制定专项评估规范。在管理理念上,新增信息化管理、

基于风险的检验(RBI)等内容,要求管道数据接入特种设备信息化系统,推动管理模式向数字化、智能化转型。

1.2 当前完整性管理适配痛点

1.2.1 管理体系与新规衔接不畅:部分企业沿用旧有管理框架,未针对新规拓展的管控范围完善制度流程,对高压管道、非金属管道等特殊类型管道缺乏专项管理机制,存在“一刀切”管理问题。同时,责任体系划分模糊,未能按照新规要求压实设计、施工、运营、检验各环节责任,导致部分条款难以落地执行。例如,部分企业对非金属管道原材料禁用再生料、安装环境温度控制等刚性要求落实不到位,存在合规隐患。

1.2.2 技术手段难以满足精准化要求:规范对检测精度、评价方法提出更高标准,如高压管道焊接接头需100%无损检测且等级不低于I级,腐蚀评估需结合多参数计算速率。但当前部分企业仍依赖传统检测技术,智能内检测、非接触式检测等先进手段应用不足,对微小缺陷、深层损伤的识别能力有限。同时,风险评估多以定性为主,缺乏量化建模能力,难以适配新规对风险分级管控的量化要求。

1.2.3 数据治理能力薄弱制约管理效能:新规强调数据作为完整性管理的核心支撑,要求建立全面、准确、一致的管道数字档案。但部分企业存在数据碎片化问题,设计参数、施工记录、检测数据等分散存储于不同系统,缺乏有效整合对齐机制,导致多源数据无法无缝对接。此外,数据质量参差不齐,存在重复、错误、缺失等问题,且缺乏常态化校验更新机制,难以满足完整性评价、风险预判的数据需求,制约了数字化管理转型进程。

1.2.4 人员能力与新规要求存在差距:新规涉及多领域专业知识,对管理人员、操作人员、检验人员的专业能力提出更高要求。但部分企业缺乏系统的新规培训体系,管理人员对全生命周期管控流程不熟悉,检验人员对特殊管道检测标准、先进技术掌握不足,操作人员对异常工况处置能力薄弱,导致新规在一线执行中出现偏差,影响管理效果^[1]。

2 规范更新背景下天然气管道完整性管理适应性优化路径策略

2.1 构建适配新规的全生命周期管理体系

2.1.1 构建适配新规的全生命周期管理体系,以差异化管控筑牢管道安全根基。随着TSG31-2025、GB/T42033-2022等新规落地,天然气管道行业迈入全生命周期规范化管控新阶段。面对高压管道、非金属管道等在服役环境、介质特性、压力等级上的显著差异,传统“一刀切”管理模式已难以适应风险多元的现实需求。为此,天然气企业可立足新规核心要求,结合不同管道服役特点与风险差异,重构差异化全生命周期管理体系,以推动规范条款与运营实际深度契合。

结合TSG31-2025、GB/T42033-2022新规要求,针对不同管道类型及全生命周期环节,制定以下管控标准:

2.1.2 分类管控精准破题,靶向化解特殊管道风险。针对高压管道($\geq 42\text{MPa}$)、非金属管道等新规重点对象,制定专项方案

堵塞管理漏洞。高压管道作为能源输送“主动脉”,需严守材料、施工、检验刚性标准:优先选用无缝管及锻制管件,禁用拼接管件;焊接采用氩弧焊打底+电弧焊填充工艺,强化接头冲击试验与100%无损检测(等级不低于I级);耐压试验按1.25倍设计压力执行,保压 ≥ 30 分钟并全程监测记录,确保结果可追溯。非金属管道则聚焦使用边界与全周期防护:纤维增强塑料管道严格限定使用温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$,禁用于地面输送易燃易爆介质;原材料采购执行复验与型式试验双把关,杜绝再生料及不合格辅料;安装环节严控环境温度与工艺,避免应力损伤;投用后定期开展外观检查与性能测试,及时排查老化、渗漏隐患。

表1 高压/非金属管道

管道类型	管控维度	核心参数/刚性标准(适配新规)
高压管道($\geq 42\text{MPa}$)	材料要求	优先选用无缝管及锻制管件,禁用拼接管件
	施工标准	焊接采用氩弧焊打底+电弧焊填充工艺,强化接头冲击试验
	检验要求	100%无损检测(等级 $\geq \text{I}$ 级);耐压试验按1.25倍设计压力执行,保压 ≥ 30 分钟,全程监测记录
非金属管道(纤维增强塑料管道)	使用边界	使用温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$,禁用于地面输送易燃易爆介质
	原材料管控	执行复验与型式试验双把关,杜绝再生料及不合格辅料
	安装要求	严控环境温度与施工工艺,避免应力损伤
	运维标准	定期开展外观检查与性能测试,排查老化、渗漏隐患

表2 管道生命周期管控要求

生命周期环节	管控类别	核心管控要求(适配新规)
设计阶段	签字与评审	GC1级、高压管道执行四级设计签字制度,专项评审走向、压力等级、防腐措施合规性
施工阶段	质量追溯	关键工序旁站监督,工序验收合格方可推进,实时填报归档施工记录
使用维护阶段	运维机制	落实“日管控、周排查、月调度”:每日监测压力、流量,每周巡检排查,每月调度优化
废弃阶段	环保处置	无害化处理残留介质,拆除材料分类回收,场地生态修复,符合环保法规与新规

2.1.3 全流程制度闭环,贯通“材料-废弃”各环节。将新规要求嵌入全生命周期链条,形成环环相扣的管理闭环。设计阶段执行GC1级、高压管道四级设计签字制度,专项评审方案合规性,重点核查走向、压力等级、防腐措施等是否符合新规;在施工阶段建立质量追溯体系,对焊接、防腐、敷设等关键工序旁站监督,工序验收合格方可推进,同步实时填报归档施工记录;使用维护阶段落实“日管控、周排查、月调度”机制——每日监测运行压力、流量,每周巡检排查隐患,每月调度优化措施,快速处置异常工况;在废弃阶段坚持环保优先,制定科学处置方案:无害化处理残留介质,拆除材料分类回收,场地生态修复,确保符合环保法规与新规要求^[2]。

2.2 搭建标准化数据治理与信息化平台

天然气企业以新规对数据管理的合规性要求为核心,将数据治理贯穿管道全生命周期,通过标准化管控与信息化赋能,破解数据碎片化、质量参差不齐等痛点,为完整性管理提供可靠数据支撑。在数据梳理整合环节,严格对标新规要求,构建“四类核心数据”分类收集体系,全面覆盖基础数据、运行数据、检测数据与风险数据,其中基础数据重点归集设计参数、材料规格、施工工艺记录等原始资料,运行数据实时采集压力、流量、介质温度等动态参数,检测数据详细记录缺陷位置、尺寸、腐蚀速率等关键信息,风险数据同步归档评估结果、预警信息及整改轨迹^[3]。依托阀门、弯头、三通等同基准特征点,建立多源数据关联对齐机制,打破不同系统、不同维度数据壁垒,实现设计、施工、运行、检验等环节数据的无缝对接,精准计算缺陷增长速率、管道剩余寿命等核心参数,为完整性评价提供数据支撑。

2.3 强化人员能力与合规管理保障

2.3.1 构建分层分类培训体系,精准补齐人员能力短板。企业针对管理人员、操作人员、检验人员的岗位权责差异,定制差异化培训方案:管理人员聚焦新规框架下全生命周期管控流程与合规要点,重点培训使用登记、定期检验申报、隐患闭环整改等核心工作流程,提升合规决策与统筹协调能力;操作人员强化操作规程与异常工况处置技能,通过理论讲解与实操演练结合,熟练掌握安全附件检查、压力参数调控等技能,提升突发状况应急处置水平;检验人员开展专项技术培训,深耕高压、非金属管道检测标准,熟练运用智能内检测、非接触式检测等先进技术,确保缺陷识别、结果评估精准合规。

2.3.2 健全合规考核机制,筑牢制度执行防线。将新规落实情况纳入各岗位绩效考核,设置合规执行、风险管控等量化指标,倒逼责任落实。每月开展合规自查,各部门对照新规与管理制度排查流程漏洞;每季度组织专项督查,重点核查材料质量证明、设计文件签字、检测记录等关键环节,建立问题台账并实行闭环

整改^[4]。加强行业协同交流,主动借鉴先进企业适配新规的实践经验,联合科研院所开展技术攻关,聚焦特殊管道管控、智能技术应用等难点问题,推动技术成果转化,以多方合力破解管理瓶颈,全方位保障完整性管理优化措施落地见效。在合规管理考核方面,建立健全合规考核机制,设置合规指标、风险管控指标、数据质量指标等量化考核项,每月开展合规自查,各部门对照新规要求与管理制度,排查自身在流程执行、技术应用、数据管理等方面的合规差距;每季度开展专项督查,由合规管理岗位人员牵头,联合技术、安全、运营等部门,重点核查材料质量证明、设计文件签字、检测记录、数据上报等关键环节,对发现的问题建立台账,明确整改责任主体、整改措施与整改时限,实行闭环管理,确保合规隐患及时整改到位。

3 结语

本文提出的全生命周期管理体系重构、技术与数据赋能、人员合规保障等优化路径,可有效破解企业适配痛点。管道运营企业需以新规为纲,持续深化优化措施,推动管理向精准化、数字化转型。未来,需依托技术创新与行业协同,完善适配新时代要求的管理体系,筑牢能源输送安全防线,为我国天然气行业高质量发展提供坚实支撑。

[参考文献]

[1]李德政,平伟,伊桂龙,等.多气源上载天然气管道工况运行适应性分析[J].化工管理,2024(14):104-108.

[2]孟凡华,郭冰燕,刘松群,等.煤层气田井口积液治理工艺研究与应用[J].油气田地面工程,2025,44(2):30-35.

[3]张锴.国际技术报告ISO/TR17910:2024《天然气-煤制合成天然气质量指标及ISO/TC193标准的适应性》正式发布[J].石油与天然气化工,2024,53(1):136.

作者简介:

李宝生(1985--),男,汉族,广东河源人,本科,中级,研究方向:石化。