

天然气长输管道工程智能工地安全监管效能提升研究

杨晓琪 姜 艳 刘大为 沈 耀 陈星宇(国家管网集团建设项目管理公司,河北 廊坊 065000)

摘要:本文基于视频监控系统应用、作业计划智能化管理、视频监视协同机制等实践经验,系统分析工程安全风险特征与传统监管问题,从技术、管理、人员、环境四个维度识别效能提升影响因素,提出优化智能监管技术体系、完善管理制度、提升协同监管能力、强化重点风险精准监管的具体路径,为天然气长输管道工程智能工地安全监管实践提供技术参考与管理借鉴。

关键词:天然气长输管道工程;智能工地;安全监管;效能提升;视频监控

中图分类号: TE8

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167(2025)033-0103-03

Research on Enhancing the Safety Supervision Efficiency of Intelligent Construction Sites for Long-Distance Natural Gas Pipeline Projects

Yang Xiaoqi, Jiang Yan, Liu Dawei, Shen Yao, Chen Xingyu (Construction Project Management Branch of National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Based on practical experience in the application of video surveillance systems, intelligent management of operation plans, and video surveillance collaboration mechanisms, this paper systematically analyzes the characteristics of engineering safety risks and traditional supervision issues, and identifies the influencing factors for efficiency improvement from four dimensions: technology, management, personnel, and environment. Propose specific paths for optimizing the intelligent supervision technology system, improving management systems, enhancing collaborative supervision capabilities, and strengthening precise supervision of key risks, providing technical references and management lessons for the safety supervision practice of intelligent construction sites in long-distance natural gas pipeline projects.

Key words: Long-distance natural gas pipeline engineering; Intelligent construction site; Safety supervision; Efficiency improvement; Video surveillance

天然气长输管道工程是能源运输基础设施的关键,其建设及安全监管难度大,智能工地建设就成为工程安全管理重要转型方向,智能视频监控系统、工程智能管理平台、无人机巡检等办法促使监管从传统“人防”向“技防+智防”为主转变。但在实际应用中还存在一些问题,本文结合天然气长输管道工程实践,剖析安全监管状况及影响因素,探索优化提升路径。

1 天然气长输管道工程安全监管现状分析

1.1 工程安全风险特征

天然气长输管道工程安全风险呈现复杂性、流动性和突发性的叠加特性。工程包含流水作业和固定作业两种场景,流水作业现场需经常挪动监控设备,固定作业现场设备需长期固定安设,两类场景均涉及多类高风险工序,如基坑动火作业、在役设施交叉并行等作业,需提前报备并重点监管。作业现场存在人员劳保穿戴不规范、设备机具摆放混乱、开挖土方未苫盖等显性风险,以及焊接工艺纪律执行不达标、作业许可审批流程缺少等隐性风险。同时,线性工程作业机组日均数量多,人员流动频繁,风险点随施工进度动态变化,风险管控难度进一步加大。

1.2 传统安全监管模式及问题

传统安全监管以“现场巡查+人工记录”为核心,

存在显著短板。在覆盖范围上,单纯人工巡查无法覆盖整个作业区域,尤其针对跨度大、地形复杂的施工标段,无法达到“有施工作业就有监控”的要求,且无法实现24h持续监管,夜间或偏远区域作业易形成监管盲区。

在响应效率上,现场巡查缺乏针对性,无法和作业计划联动实现及时管控、精准管控,特别是现场作业“低、老、坏”问题频发,处置不及时,重大隐患则需逐级上报再处置,缺乏立即叫停机制。在数据管理上,基于人工记录的隐患清单缺少连续性跟踪手段,所统计的隐患数据分类复杂、数量庞大,缺少量化统计分析手段,导致数据追溯性欠佳,难以为后续整改、考核提供有效支撑。

1.3 智能化监管需求分析

工程建设对智能化监管的需求集中在覆盖、响应和数据三个维度。在覆盖需求上,实现作业区域监控全覆盖,安装点位覆盖作业区域及重点工序,优先选用具备多角度摄录和自动归位功能的云台摄像机,储备备用电池确保不断电,信号缺失区域搭建区域网保证网络传递,易燃易爆地带设备需符合防爆规定。在响应需求上,构建“发现隐患-即刻通报-立即整改”机制,针对重大风险或严重隐患智能识别通过安全管

理人员确认即刻中止现场作业，结合隐患吹哨制度以及视频监控排查隐患，保证隐患信息传递的及时性，实现现场作业的高效整改以确保现场安全性可控。在数据需求上，以工程智能管理平台为载体，实现作业计划与视频监控关联，视频影像持续保存至机组撤场后三个月到半年，每日生成监控日报，为考核和整改跟踪提供数据支撑。

2 智能工地安全监管效能提升影响因素分析

2.1 技术因素

技术因素是智能监管效能的核心约束。视频监控装置需布设稳固，对移动场所每日移动次数、安装高度和距离进行标准化约束，固定场所作业施工期间不得挪动，限制最低安装高度，优先选择多角度摄录及自动归位功能的云台摄像机，易燃易爆区域设备需防爆。然而，部分设备分辨率低，导致画面清晰度欠佳，监控仍存在未覆盖到的区域，且系统兼容性不足，数据传输延迟，部分作业区域数据未能实现画面同步。同时，视频监控影像储存日期较短，不符合隐患追溯要求，影响安全监管效率和智能分析效果。

2.2 管理因素

管理因素影响智能监管有序性与执行效率。①作业计划管理存在偏差，作业计划摄像头数目和实际作业情况存在偏差，现场作业变更情况同步不及时、作业内容描述不明，对监管精确性存在一定影响；②作业计划和监控数据有效关联的部分施工单位未制定完备监控管理规程，开机率统计、隐患分类处置和数据上报流程要求不明确，视频监控管理处于无序状态；③视频监管责任体系构建不清晰，存在职责交叉或者空缺情况，隐患整改未明确责任人与时限，导致整改闭环率不足，相关考核机制落实不足，监控开机率以及隐患识别准确率未纳入考核中，奖惩衔接不紧密。

2.3 人员因素

人员因素直接决定智能监管落地成效。施工单位未配备专职数字化管理人员，且存在人员变动较大、工作交接不彻底的情况，导致监控人员未能全部接受系统培训，摄像头调试、视频平台接入操作不熟练，设备功能未充分实施。此外，数字化管理人员存在年轻化趋势，施工经验缺失，只能辨认常见的“低、老、坏”安全隐患，焊接防腐等专业质量隐患知识欠缺，重大隐患分辨能力不足，致使发现重大隐患未能立即中止作业。同时，监控点位每日监控时长不足，监控人员存在脱岗漏岗情况，应急处置能力不足，制约监管成效和现场风险管控水准。

2.4 环境因素

环境因素明显制约智能监管适配性。管道工程穿

越各类地貌，地理环境复杂，监控点位存在信号遮挡情况，网络覆盖不足，偏远地区监控点视频传输出现卡顿，中断频繁，上传成功比例不足。同时，极端天气平均每年影响作业 30~40 天，摄像头故障率较高，故障与雨水、高温暴晒密切相关。特殊环境下，部分地区对设备防爆、抗干扰需求高，存在设备未能达标的情况，现场光线、粉尘、温差等因素影响画面清晰度，难以辨认劳保穿戴及操作细节，降低隐患监测和精准监管能力。

3 智能工地安全监管效能提升路径

3.1 优化智能监管技术体系

优化智能监管技术体系首要需提高监控设备配置标准，依据不同作业场景选择适配设备，流水作业场地优先用云台摄像头，具备多角度摄录以及自动归位功能；固定作业现场摄像头安装在固定地方，摄像机安装高度不低于现场施工设备高度，施工期间原则上不挪动，不得故意对准非作业区域，或者用覆盖、遮挡等办法影响摄录；储备备用电池确保不断电，信号缺失区域搭建区域网保证网络传递，易燃易爆地带设备需符合防爆规定。单个作业点摄像头数目参照作业面积进行合理数量的配备，对角增设 1~2 台摄像头，以达到覆盖整体作业面的效果，关键作业流程如焊接作业需在棚内安装摄像头，保证监控范围涵盖整个作业工序，可有效监测施工人员安全行为、设备作业安全状态、现场管理安全措施，有效消减安全隐患。

其次，搭建一体化智能监管平台，实现工程智能管控系统、视频监控系统和无人机巡检系统的数据接口统一，统筹实时作业规划、监控影像和隐患信息，控制数据传输延迟率，将视频分辨率提升至最优，达到施工细节可清晰辨认的要求。这种高精度、低延迟的数据集成能实现作业现场全流程可视化，利于监管人员快速判定风险和指令下达。

最后，优化数据处理和存储系统，完善辅助监管技术方法，优化 AI 智能剖析算法，提高违规操作识别准确率和及时率，重点监测劳保穿戴、管沟放坡比率、基坑逃生梯布设等主要风险点，拓展云存储容量，实现视频循环持续保存至机组撤场后三个月到半年。以标段为基础单元配备无人机进行空中巡查，将无人机数据和视频监控实时融合，搭建全方位、立体化智能监管网络，提升针对山区和偏远地区的监管覆盖能力。

3.2 完善智能监管管理制度

完善管理制度是保证智能监管高效运行的关键。明确监管要求，减少监管盲点，提升隐患发现的及时性、准确性。

首先应健全操作管理流程，明确作业计划上报流

程、视频开机率统计准则、隐患分级处理闭环以及数据上报时间限制。完善作业计划上报要求，例如作业计划填报标准要明确核心要素，施工单位每天填写上报，监理单位完成审查，建设单位进行批准；开机率统计排除无作业或者转场情形，保证有效视频监控范围全涵盖、画面清楚且信息完备，实现作业计划和监控数据精确匹配，为可量化考核依据，推动监管从制度上有序开展。

其次，构建视频监管责任体系，形成机关和区域双层管理机制，制定方案、落实人员、应用成果，机关负责统筹进行所有施工项目的风险识别与隐患排查，区域负责管辖范围内的风险识别与隐患排查，建立包保责任制，同施工单位、监理单位直线联络，落实现场执行、隐患整改，保证责任传递清晰，将风险隐患整改闭环率和考核指标同具体责任人关联，实现监督和执行的闭环管理，提升监管精准度和执行力。

最后，优化考核激励机制，将视频开机率、隐患识别准确率、整改闭环率纳入承包商考核中，奖惩分明，促使各单位提高监管效能。

3.3 提高人员能力与协同监管

提高人员能力与协同监管是智能工地安全监管的关键保障。搭建四级协同体系，涵盖建设单位监控中心、现场项目部、监理单位现场监理部及施工单位现场项目部，明确职责分工，监控中心负责远程监查和隐患上报，现场项目部组织核查整改，监理单位进行监督验收，施工单位执行管理要求措施。通过内部工作群组及监控值班电话实现信息实时分享，将隐患处置响应时间控制在30min以内，实现快速闭环管理。

其次，增强人员培训和考核，制定分层培训计划，监控人员应接受足够时长的专业培训和再培训，包含设备操作、风险辨认以及应急处理，通过理论考试和实操考核合格才能上岗，每年进行不少于2次技能知识竞赛或宣讲活动，完善吹哨制度，明确信息接收登记核实整改流程的办法，保证隐患消息实时回应，通过核实给予有效报告者奖赏，激励人员主动监测与风险汇报意识。

最后，加强视频监控值班管理，明确职责且做好值班记录，提前做好排班计划以保证监控工作不中断，监控期间不许处理无关事务，保证监控人员专心于风险防控，通过制度化、系统化人员管理以及协同机制构建，能大幅提高智能监管落地成效及现场安全保障能力。

3.4 强化重点风险、重大隐患精准监管

强化重点风险、重大隐患精准监管是智能监控的有力手段。首先，针对动火、高处、吊装、受限空间

等九大类高风险作业建立专项监控办法，保证消防器材齐全、警戒区设定、生命线和安全带安装无误，吊装作业监测吊具完好状况及作业区域人员安全，实现高风险作业全程可视监管，最大限度减低事故风险。

其次，针对危大工程进行分级监管，基坑、模板支撑体系、起重吊装等6类危大工程依照风险等级划分监管频次，一级危大工程每天至少巡查2次，二级每天≥1次巡查，着重核查专项方案执行状况，如基坑放坡比例、模板支撑强度以及吊装设备安全性能。分级监管能够合理分配监管资源，提升重点工程安全管控效率。

最后，针对关键工序以及特殊环境开展精准适配监管，管沟开挖、管道焊接、防腐补口等关键工序设专项指标，保证堆土距离、焊接温度以及防腐质量等符合标准；山区施工采用红外摄像头提高夜间监测，高温暴雨区域使用IP67及以上防护设备，偏远区域可配备卫星通信模块，实现网络全覆盖，提高视频上传成功概率，保证环境复杂地带可施行高效、精准监管。

4 结语

通过对天然气长输管道工程智能工地安全监管现状分析，系统识别技术、管理、人员及环境等关键影响因素，提出优化设备配置、建设一体化平台建设、完善制度管理、强化人员能力及重点风险精准监管等提升路径。结果表明，综合应用上述措施可显著提高监管效能，实现隐患及时发现、快速处置和全程可追溯，为工程建设本质安全水平提升提供了科学支撑。

参考文献：

- [1] 龚盈.长输管道项目建设与安全管理研究[J].石化技术,2025,32(03):317-319.
- [2] 张晨.基于新一代ICT技术的天然气长输管道智能工地管理体系建设与应用[J].石化技术,2025,32(07):354-358.
- [3] 杨张虎,徐康.天然气长输管道建设项目安全设施“三同时”管理要点综述[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(08):59-61.
- [4] 颜庆龙,叶国清,华晶,纪海涛.智能工地在中俄东线天然气管道工程的实践[J].绿色建造与智能建筑,2018(09):65-67.
- [5] 赵洁.物联网技术在天然气长输管道实时安全监测中的应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(08):160-163.

作者简介：

杨晓琪(1993-)，女，汉族，山东济南人，硕士研究生，中级政工师，研究方向：安全文化，党建团青。