

数字化平台下长输管道基层作业区承包商安全管理流程创新

谢士林 杜生平 商小宇 卢寿坤 吴俊蓉

国家石油天然气管网集团有限公司广西分公司 广西 百色 533000

摘要:针对长输管道基层作业区承包商安全管理中,流程衔接不畅、监管不及时突出问题,可借助数字孪生技术,搭建起流程可穿透、数据可贯通的协同治理体系。整合物联网、边缘计算、区块链等相关技术,能实现承包商准入、作业许可及动态监管的全流程闭环管控,避免管理漏洞。通过智能识别与多维度数据融合分析,建立动态信用评价和风险分级预警机制,提前防范安全隐患。同时,推行“一证通”准入、电子签批联动、移动终端协同等创新方式,明确属地责任与平台管控权责,形成管理闭环。该治理框架,为多主体协同场景下的安全管理,提供了可借鉴、可推广的技术方法和制度参考。

关键词:数字化平台;长输管道;基层作业区;承包商;安全管理流程

引言:随着数字化技术在能源基础设施领域的深度渗透,长输管道基层作业区的承包商安全管理正面临范式转型的关键期。传统管理模式在多主体协同、动态监管与流程闭环等方面暴露出明显短板,难以适应复杂作业环境下的安全管控需求。数字化平台通过集成物联网、云计算与大数据分析技术,逐步构建起覆盖全生命周期的管理框架,为安全管理流程创新提供了技术基础。

1 数字化平台与承包商安全管理流程创新的理论基础

在能源基础设施智能化升级背景下,数字化平台正成为长输管道基层作业区安全管理范式变革的核心驱动力。平台通过集成物联网感知、边缘计算与云服务架构,实现了对人员、设备、环境与作业行为的全域实时感知与动态映射。这一技术支撑不仅突破了传统管理模式中信息滞后与响应迟滞的瓶颈,更推动安全管理从被动响应向主动预控跃迁。

1.1 数字化平台的技术架构与功能特征

平台以多源异构数据融合为基石,依托物联网终端实现对作业现场人员定位、设备运行状态与环境参数的实时采集。数据经边缘节点预处理后上传至云计算中心,通过大数据分析引擎完成异常行为识别与趋势预测。数字孪生技术的应用,使物理作业区在虚拟空间中构建出高保真动态镜像,支持作业计划可视化推演与风险情景模拟^[1]。这种“虚实联动”的管控模式,显著提升了基层作业区对复杂工况的感知与响应能力。平台通过API接口实现与企业资源计划(ERP)、生产运行管

理系统(PMS)等业务系统的数据贯通,形成跨系统协同的管理闭环。

1.2 承包商安全管理的核心要素与流程痛点

承包商作为长输管道作业体系中的关键外部主体,其管理涉及准入审核、资质备案、作业许可、过程监管与履约评估等多个环节。传统流程中,准入依赖纸质材料审核,动态资质更新滞后,导致部分承包商存在“带病入场”现象。作业审批流程分散于多个业务系统,审批节点多、流转周期长,且缺乏统一的进度追踪机制。风险识别手段多基于静态规则库,难以应对突发性作业风险。基层属地管理责任虽明确,但受限于平台权限隔离与数据孤岛,难以实现“责任到人—数据到岗—监管到点”的闭环联动。

1.3 流程创新的内涵与目标导向

流程创新的本质是通过技术赋能重构管理逻辑,实现由“经验驱动”向“数据驱动”转型。创新聚焦于流程自动化、审批智能联动与全过程可追溯三大核心目标。通过建立“一证通”机制,实现承包商身份、资质、作业许可的统一认证与动态更新,避免重复申报与信息冗余。电子签批系统与平台审批流程深度集成,确保每项作业许可可溯源、可核查。动态监管模块基于实时数据流,自动触发预警阈值并推送至相关责任人,提升风险响应效率。最终构建“属地责任—平台管控—承包商履约”三方协同的流程再造框架,使安全管理从静态管控转向动态治理,从被动防御转向主动干预。

2 数字化平台下长输管道基层作业区承包商安全管理流程的现状与问题

2.1 现有研究热点与实践进展

近年来,数字化平台在承包商全生命周期管理中的应用逐渐成为研究焦点。通过构建集准入审核、作业许可、过程监管与绩效评价于一体的闭环管理体系,部分企业已初步实现流程的线上化与可视化。在此基础上,研究进一步聚焦于流程的动态优化与风险的实时响应能力提升,探索基于多源数据融合的风险分级管控机制,推动安全管理从“事后处置”向“事前预控”转变。平台集成应用的深化,使得作业计划变更、人员资质动态更新等关键环节实现信息同步,显著提升了管理响应效率^[2]。然而,多数现有实践仍停留在流程电子化层面,缺乏对基层作业实际场景的深度适配,导致平台功能与现场执行之间存在明显断层。

2.2 基层作业区流程适配性不足的深层原因

基层作业区在实际运行中,面临多主体协同复杂性与系统功能刚性之间的矛盾。平台设计多以管理标准化为导向,未能充分考虑现场作业的非标性、临时性与应急性特征,导致平台功能与一线操作需求脱节。例如,承包商准入环节虽实现电子化,但资质审核仍依赖人工比对,缺乏系统自动识别与智能比对能力,增加了误判风险。同时,审批流程缺乏透明度,作业计划变更后信息反馈滞后,致使监管部门难以及时掌握作业状态变化,隐患发现出现延迟。这种“信息孤岛”现象削弱了流程的动态响应能力,使安全监管难以实现全过程穿透。

2.3 数据碎片化与预警机制静态化的技术瓶颈

当前安全管理数据分散于多个独立系统,承包商人员信息、作业记录、设备台账等关键数据难以实现跨系统联动。数据割裂导致难以构建统一的承包商行为画像,制约了智能评价模型的建立与应用。风险预警机制普遍依赖预设的静态阈值,无法根据作业环境、设备状态、人员行为等多维因素进行动态推演。当异常状态出现时,系统往往仅通过固定规则触发报警,缺乏对潜在演进路径的预测能力。边缘计算、视频智能识别等支撑技术虽已出现,但其在基层作业区的部署仍处于试点阶段,未能形成规模化、常态化应用,制约了平台在实时感知与智能判别方面的能力提升。

2.4 属地责任落实与平台权限联动的制度断层

基层作业区属地责任与平台管控权限之间的边界模

糊,是制约流程创新的核心制度障碍。部分平台赋予管理人员操作权限,但未明确其责任归属,导致“有权限无责任”现象频发。承包商履约评价缺乏统一标准与动态评分机制,评价结果难以支撑后续管理决策。此外,应急响应机制与重大危险源监控体系尚未实现联动,一旦发生突发情况,平台无法自动触发应急流程或推送处置指令,影响响应效率^[3]。这种制度层面的断层,使得平台技术优势难以转化为管理实效,形成“平台有能、执行无力”的困境。当前,长输管道基层作业区承包商安全管理流程正面临由信息化向智能化跃迁的关键节点。技术赋能与制度重构的协同推进,成为破解现有瓶颈的必由之路。

3 数字化平台下承包商安全管理流程创新的路径与策略

在长输管道基层作业区安全管理实践中,传统承包商管理模式存在准入标准模糊、审批流程滞后、监管手段滞后、信息孤岛突出等问题,难以适应现代能源基础设施对安全精细化、实时化、闭环化管理的迫切需求。数字化平台的引入为流程重构提供了技术基础,尤其以数字孪生技术为核心驱动,可实现物理系统与虚拟系统的双向映射与动态交互,为构建“流程穿透+数据贯通”的新型安全管理体系提供可能。通过平台集成多源异构数据,打通从承包商准入、作业许可、过程监管到应急响应的全链条信息壁垒,形成闭环管理机制。

3.1 构建承包商准入“一证通”机制

可以依托统一的数字平台,把承包商的资质信息集中起来存储,还能实现自动核验,不用再靠人工逐一审核,这样既能避免人工审核时的主观偏差,也能解决审核不及时、滞后的问题。这个数字系统会对接政府的监管数据库和行业信用平台,实时比对承包商的企业资质、工作人员的持证情况,还有过往的事故记录等关键信息,严格做到没有相关资质就不能入场、存在安全隐患就不准开展作业。准入审核流程和作业许可系统是相互联动的,只要其中任何一个环节出现异常,系统就会自动发出预警,还会阻断后续的流程,形成从准入到作业的全生命周期闭环管理^[4]。这种方式大大提升了准入审核的客观性和效率,减少了人为操作带来的管理漏洞,为后续的作业安全筑牢基础。同时,系统还有动态更新机制,能保证资质信息随时可查、实时更新,彻底改掉了过去“一张证书用到底”的弊端,让整个管理模式从静态的审批,慢慢转变为动态的全程监管。

3.2 数字化平台构建全流程承包商闭环管理体系

为解决传统承包商管理中准入不严格、过程管控薄弱、评价不规范等痛点,依托数字化平台构建“准入-培训-作业-评价-归档”全流程闭环管理体系,提升基层作业区承包商安全管理效能。准入环节,平台搭建线上审核模块,承包商在线提交资质、业绩等资料,系统自动校验完整性与真实性,由相关部门分级审批,同步建立黑白名单,杜绝不合格承包商入场。人员管理方面,绑定作业人员身份与特种作业资质,线上开展管道作业安全培训及考核,考核合格方可上岗,实现人员资质动态管控。作业过程中,通过移动终端实时上传现场情况,联动监控设备采集环境、设备数据,对违规操作及时预警整改。履约评价环节,设置量化指标线上打分,形成评价报告,作为后续合作依据;同时对所有管理资料数字化归档,实现全程可追溯。该体系打破信息壁垒,强化管控刚性,有效提升基层作业区承包商安全管理精细化、规范化水平。

3.3 部署智能监管技术与动态评价模型

在作业执行阶段,边缘计算终端与视频智能识别系统被部署于关键作业点,对人员行为、设备状态、作业环境等进行实时监测。系统可自动识别未佩戴安全装备、违规动火、高处作业未系安全带等高风险行为,并即时触发告警,实现“人防+技防”的协同联动。结合GIS空间分析与大数据分析技术,平台可对作业区域风险点进行空间聚合与趋势预测,动态优化风险分级管控策略^[5]。在此基础上,构建基于多维度数据(履约记录、违章频次、整改效率、培训达标率等)的承包商安全信用评价模型,实现评分动态更新与分级管理。该模型为承包商优胜劣汰提供量化依据,推动安全管理由“结果追责”向“过程预控”转型。系统还可通过算法模型识别潜在风险趋势,为管理层提供决策支持。

3.4 完善协同治理机制与应急响应体系

平台在功能设计中明确属地责任、平台管控与承包商履约三方的权责边界,避免责任模糊与推诿。隐患排查治理流程通过平台实现“发现—派发—整改—复核—归档”闭环管理,所有环节留痕可查。安全风险监测预警系统集成多源数据,实现对异常工况的自动识别与分

级推送。一旦发生突发事件,平台可迅速启动应急响应流程,联动指挥中心、承包商负责人、现场人员进行多级协同处置,显著提升应急响应的时效性与协同效率。平台成为连接各参与主体的中枢系统,推动安全管理从“单点管控”走向“网络协同”。平台驱动的流程创新不仅重构了管理机制,更重塑了组织间协作关系,为长输管道基层作业区安全管理提供了可复制、可推广的数字化转型范式。

结语

总的来说,本次研究依托数字孪生技术,搭建出数字化平台下的承包商安全管理流程创新框架,顺利实现了准入审核、作业许可、动态监管以及应急响应的全流程贯通和数据互通。实践中发现,把“一证通”机制、电子签批联动和智能监管技术结合起来使用,能明显提升流程的闭环管理水平和动态防控能力。本次研究最关键的价值,就是重新构建了“属地负责、平台管控、承包商履约”的三方协同管理模式,给长输管道基层作业区的安全管理提供了可直接借鉴的流程优化方案。不过目前仍有不足,平台权限划分、多主体协同的适配性还有待完善,动态评价模型的算法也不够透明。后续研究将进一步探索AI驱动的风险推演和跨平台数据共享标准,推动安全管理向更智能、更协同的方向发展。

参考文献

- [1] 刘小杰,曹胜武,邓磊,等.露天煤矿剥离作业承包商安全管理模式研究与实践[J].露天采矿技术,2026(01):103-107.
- [2] 张微微.数字化技术在天然气长输管道建设安全管理中的应用[J].化工管理,2025(22):85-88.
- [3] 罗普关,廖晓华,田海润,等.长输燃气管道安全管理措施及数字化系统设计[J].城市勘测,2021(S01):127-131.
- [4] 俞鑫春,朱建宝,邓伟超,等.基于数字化协同的供电企业全流程透明化外包安全管理[J].电力安全技术,2023(12):75-78.
- [5] 李阳.浅谈海洋石油运维作业承包商安全管理[J].化工设计通讯,2025(06):133-135.