建筑工程安全监管数字化转型中的困境与破解思路

王　轩

山西阳煤丰喜泉稷能源有限公司　山西　运城　043200

摘　要：建筑工程安全监管是保障施工人员生命安全与工程质量的重要防线，长期面临监管力量与建设规模不匹配、信息不对称、响应滞后等结构性矛盾。数字化转型为破解上述困局提供了技术可能，但在实际推进过程中，受制于行业特性、体制惯性、能力短板与标准缺失等多重因素，转型效果远未达预期。本文在分析建筑工程安全监管数字化转型内生需求的基础上，系统梳理顶层设计与基层落地脱节、数据采集失真与孤岛并存、动态监管能力薄弱、制度标准滞后以及中小企业适配困难等核心困境，并从重构数字化监管逻辑、夯实数据质量基础、创新智能监管模式、完善法规标准体系及构建多元共治生态等维度提出破解思路，旨在为建筑行业安全治理现代化提供参考。

关键词：建筑工程；安全监管；数字化转型；数据治理；智慧工地

引言

建筑业作为国民经济支柱，安全事故高发，安全生产形势严峻。随着规模扩张、项目分散及环境动态变化，传统“人盯人”监管模式难以有效覆盖风险隐患。尽管物联网、大数据等技术被视为实现从“被动响应”向“主动预防”转变的关键，且政策持续推动智慧工地建设，但相比医疗、金融等领域，建筑工程安全监管数字化进程缓慢[1]。许多监管平台存在“看的多、用的少”现象，数据采集难转化为有效预警，系统功能叠加反而增加负担，呈现“叫好不叫座”困境。这表明转型遭遇深层次障碍。因此，需冷静审视现实障碍，剖析其制度性、技术性和社会性根源，探寻务实可行的破解路径，以真正提升安全监管效能，保障行业高质量发展。

1 建筑工程安全监管数字化转型的内在逻辑与现实需求

建筑工程安全监管具有“三多三高”特征，即参建主体、作业工序、风险因素多，以及流动性、动态性、不确定性高。中型工地常同时开展多项高风险作业，涉及数十个班组。传统监管依赖人力巡查与抽查，受限于资源配置，必然存在大量盲区与时空断点。数字化转型的核心价值在于构建“实时感知—智能研判—即时预警—闭环处置”的新型监管链条。通过部署视频监控、环境传感器及塔吊防碰撞等终端，实现从“间断抽查”向“连续性监控”的跃升；借助计算机视觉与深度学习算法，自动识别未佩戴安全帽、未系安全带等违规行为，将隐患发现环节前移；通过将监测数据与施工进度、风险分级管控体系关联，实施差异化监督，实现监管资源的精准投放。尽管国家政策已将安全生产治理现代化纳入总体战略，明确数字化转型为不可逆转方向，但实践反馈显示基层普遍反映转型“雷声大、雨点小”，面临系统不好用、数据不可信、预警不精准等困境。这表明转型已进入攻坚期，必须直面并破解深层次难题，以真正提升监管效能。

2 建筑工程安全监管数字化转型面临的核心困境

2.1 顶层设计与基层执行之间的结构性脱节

当前各地推进的安全监管数字化建设，大多采用“自上而下”的路径——由省级或市级主管部门统一建设监管平台，制定数据标准和考核指标，要求辖区内的施工项目接入并上传数据。这种模式在统一规范层面有其合理性，但顶层设计往往难以充分兼顾不同地区、不同类型项目的实际差异。发达地区与欠发达地区的信息化基础不同，大型国企项目与中小民企项目的投入能力不同，住宅项目与市政基础设施项目的风险特征不同，但统一平台往往采用“一刀切”的考核要求，导致基层执行时要么弄虚作假应付指标，要么因系统过于复杂而选择性使用部分功能，最终造成顶层设计的意图在层层传导中不断衰减。与此同时，平台的开发方多为软件企业，对施工现场的实际业务流程和管理痛点理解不深，设计出的系统功能与一线安全员的工作习惯脱节，进一步加剧了“系统空转”现象。

2.2 数据质量堪忧与信息孤岛并存的双重困境

数据是数字化转型的基石，但建筑工程安全监管领域的数据质量令人担忧。在数据采集端，不少工地安装

的物联网设备因缺乏定期校准和维护，监测数据偏差较大；视频监控点位布设不合理，关键作业面存在盲区；更为严重的是，部分项目为应付监管考核，人为篡改或补录安全巡查记录、隐患整改台账，造成系统内数据与现场实际严重不符。在数据流通端，安全监管涉及建设主管部门、安全监督机构、建设单位、施工单位、监理单位等多个主体，各自的业务系统相互独立，数据标准不统一，接口不互通[2]。施工单位的安全管理数据在其内部系统中，监理单位的巡查记录在监理日志中，主管部门的监督执法数据在行政平台中，彼此之间缺乏自动化的数据交换机制，形成一个个“信息烟囱”。这就导致即便单个系统运行正常，也难以通过跨系统数据融合产生更大价值。

2.3 动态风险感知与智能预警能力薄弱

建筑施工现场是一个高度动态的复杂系统——作业面每天变化、人员工种频繁流动、大型机械反复拆装、气象条件时刻影响。但当前大多数监管平台的感知能力仍停留在“静态监控”阶段，即固定点位监测固定参数，无法有效捕捉施工过程中产生的动态风险信号。例如，平台可以监测塔吊的力矩和风速，但难以判断起重吊装方案是否与当日的实际工况匹配；可以统计现场作业人数，但无法识别临时进场的外来人员是否经过了安全培训。在预警层面，现有系统多采用单一阈值触发报警的方式，误报率和漏报率均较高。由于缺乏融合多源数据、考虑施工阶段和上下文情境的智能研判模型，大量预警信息被作业人员视为“噪音”而忽视，预警系统的公信力逐步丧失，背离了辅助决策的初衷。

2.4 制度标准体系滞后于技术应用步伐

数字化转型不仅涉及技术工具的更替，更需要配套的制度标准和监管流程的同步调整。然而，当前相关法规和标准规范明显滞后。在法律层面，数字化采集的监测数据和视频截图能否作为行政处罚的法定证据，尚无明确的法律界定；在标准层面，工地物联感知设备的安装规范、数据采集频率、传输协议和安全加密要求等缺乏统一的行业标准，导致不同厂商的设备之间兼容性差、数据可比性低；在流程层面，安全监督机构的日常监督工作流程仍然围绕“现场检查—纸质记录—限期整改—复查验收”的传统模式设计，数字化系统生成的预警和数据分析报告并未被纳入正式的监管文书体系，使得技术系统的输出与行政监管流程之间缺乏制度性衔接，系统功能无法嵌入法定工作流，使用人员不得不在数字化系统和纸质流程之间“双轨并行”，徒增工作负担。

2.5 中小施工企业的数字化适配能力严重不足

建筑业企业数量庞大，其中中小型企业占绝大多数。与头部央企国企和大型民企相比，中小企业普遍面临资金紧张、人才匮乏、管理水平参差不齐等困境。安全监管数字化转型的硬件采购、系统开发和运维费用对于中小企业而言是不小的负担，而这类企业的项目周期短、利润空间薄，对额外投入的消化能力极弱。更为关键的是，许多中小企业缺乏专职信息化人员，即便采购了数字化系统，也无人负责日常维护和数据填报，系统很快沦为摆设。这种“能力鸿沟”如果得不到有效弥合，数字化转型不仅无法提升中小企业的安全管理水平，反而可能因增加合规成本而进一步加剧其经营困难，同时也会造成监管数据覆盖不全的盲区。

3 破解建筑工程安全监管数字化转型困境的思路

3.1 重塑“自下而上、场景驱动”的数字化建设逻辑

破解顶层设计与基层脱节的问题，需要转变数字化建设的逻辑起点。省级和市级主管部门应当从“统一建设所有功能”转向“制定开放框架、鼓励基层创新”。具体而言，主管部门负责制定统一的数据接口标准、安全认证体系和核心监管指标，而将具体的功能模块设计、用户界面优化和本地化配置权限下放给基层监督机构和企业，允许其根据自身项目特点和业务痛点选择或开发合适的数字化工具，只要能够按照标准格式报送监管所需数据即可[3]。同时，在系统设计前期，应组织深入一线安全员和执法人员的需求调研，绘制详细的安全监管业务流程图和数据流图谱，以此为依据设计贴合实际工作场景的系统功能，使数字化工具真正成为减轻而非增加一线负担的助手。

3.2 夯实数据治理基础，打通信息流通壁垒

针对数据质量不高和孤岛林立的问题，应从制度和技术两个维度协同施治。在制度层面，建立数据质量责任制，明确施工单位对上传数据的真实性、准确性承担主体责任，监理单位承担审核责任，监管机构定期开展数据质量抽查和现场比对核查，对数据造假行为实施严厉处罚并纳入信用评价体系。在技术层面，推动建设省级统一的建筑工程安全监管数据平台，制定涵盖项目信息、人员资质、设备状态、隐患记录、处罚决定等核心业务实体的数据标准，要求各业务系统按照标准格式向平台汇交数据，平台实现跨系统的数据清洗、关联和融合，形成单一事实源。同时，积极引入区块链技术，对关键安全数据（如验收记录、整改通知、复工审批等）进行上链存证，确保数据的不可篡改性和可追溯性，为

数据的法律证据效力提供技术背书。

3.3 推动从“静态监测”向“动态智能研判”升级

提升预警的有效性和精准性，关键在于将 AI 能力从简单的阈值判断提升到融合上下文的情境感知层面。一方面，应当构建施工过程本体模型，将施工进度计划、施工方案、工序衔接关系、气象预报等多维信息纳入知识图谱，使系统能够理解当前“在做什么”“应该怎么做”以及“外部条件如何”，在此基础上判断监测数据是否异常才更具针对性。另一方面，采用基于深度学习的时空序列异常检测算法替代传统的单点阈值报警模式，通过对历史正常施工模式的学习，自动识别出偏离常规的细微征兆，在隐患发展为事故之前提供超前预警[4]。同时，预警信息的分级推送机制也需优化，根据风险的严重程度和紧急程度，以不同颜色和推送渠道（短信、APP 弹窗、语音呼叫等）区分对待，避免信息轰炸导致疲劳。

3.4 加快制度标准体系建设，弥合法规与技术的时间差

立法机构和行业主管部门应密切关注数字化转型进程，及时填补制度空白。首先，尽快出台《建筑工程安全监管数字化应用管理办法》等规范性文件，明确电子数据、电子签名、视频资料在行政执法和事故调查中的法律效力，为数字化监管提供法律支撑。其次，组织编制安全监管物联感知设备选型与安装标准、数据通信协议规范、系统安全等级保护要求等基础性技术标准，为设备互联和数据互认奠定基础。再次，修订安全监督工作规程，将数字化预警处置、在线巡查、远程核查等功能正式纳入监督人员的工作职责和考核范围，使数字化系统从“选配工具”转变为“标配工作平台”，从根本上解决线上与线下“两张皮”的问题。

3.5 构建面向中小企业的普惠型数字化服务生态

解决中小企业的“能力鸿沟”问题，需要采取政府引导、平台支撑、生态协同的组合策略。在资金支持方面，设立中小企业安全管理数字化转型专项补贴或税收减免政策，降低其采购数字化服务的门槛。在服务供给方面，鼓励建设“轻量化、SaaS 化”的安全监管云服务平台，企业无需自行购买服务器和开发软件，仅按年支付较低的服务订阅费即可通过互联网使用标准化的安全巡查、隐患管理和在线教育功能。在生态构建方面，推动形成由平台运营商、设备供应商、运维服务商和第三方咨询机构共同组成的服务网络，为中小企业提供从设备安装、系统配置到人员培训的一站式服务，使其“会用、愿用、用得起”。此外，行业协会可以发挥桥梁作用，组织编写面向中小企业的数字化转型指南和最佳实践案例集，降低信息不对称。

结束语

建筑工程安全监管数字化转型是一场深层次的治理变革，其本质要求不是简单地将传统工作流程“电子化”，而是以数据为纽带，重塑安全风险的识别、评估、预警和处置全链条，实现监管模式从粗放向精准、从被动向主动、从经验向科学的系统性跃升。当前转型中暴露出的种种困境，恰恰说明这项改革的复杂性和艰巨性——它既涉及技术能力的提升，更触及业务流程再造、组织惯性克服、法规制度革新和能力生态重塑等多重维度。破解困境的关键在于坚持问题导向和场景思维，摒弃“为数字化而数字化”的形式主义，回归到提升施工现场本质安全水平这一根本目标上来。唯有技术路线务实、制度供给及时、生态支撑有力，建筑工程安全监管的数字化转型才能从理想蓝图转化为可感可及的治理实效，为建筑业高质量发展筑牢安全底座。

参考文献

[1] 住房和城乡建设部. 关于加快推进建筑信息模型（BIM）技术在工程项目全生命周期应用的意见 [J]. 建设科技,2023,(8):4-7.

[2] 李明, 王要武, 薛小龙. 数字技术赋能建筑施工安全管理的研究前沿与趋势 [J]. 中国安全科学学报,2024,34(3):1-9.

[3] 陈国华, 周志鹏, 袁智. 智慧工地建设背景下施工安全监管模式创新研究 [J]. 建筑经济,2023,44(11):55-61.

[4] 张仕廉, 王若涵, 刘一鸣. 建筑工程安全监管信息化建设的问题与对策 [J]. 工程管理学报,2024,38(2):97-103.