

土木工程施工安全管理数字化转型研究

金磊

杭州西建投资有限公司 浙江杭州 310000

DOI: 10.12238/ems.v7i8.14674

[摘要] 近年来土木建筑工程规模日益庞大,施工项目愈发复杂,采用传统的土木工程施工安全管理方法已无法适应当前土木工程建设的发展需求。本文立足于土木工程施工安全管理的数字化转型,分析传统土木工程施工安全管理的突出问题,探讨土木工程施工安全管理数字化转型的价值。分析物联网技术、BIM技术、大数据技术与人工智能技术、云计算等技术在土木工程施工安全管理方面的应用途径,并结合实际分析土木工程施工安全管理数字化转型的技术应用场景,从而探讨实现土木工程安全施工管理数字化转型的理论意义和作用,并为其在土木工程施工安全管理上的应用实践提供参考,为土木工程建筑行业安全管理水平的提升及管理可持续发展提供依据。

[关键词] 土木工程; 施工安全管理; 数字化转型

引言

土木工程作为国民经济的主导行业,其施工安全关系着人民群众的生命财产安全和社会的稳定性。近年来,随着我国土木工程建设规模的不断提升,大型施工项目的复杂程度不断升级,在施工过程中出现的风险类型也呈现出多样化和复杂化趋势,传统的土木工程施工安全管理主要依靠人工监管或书面记录,在信息传达,风险识别与解决方面暴露出很多的缺陷,无法适应当前工程建设安全管理工作需求。随着数字化技术的发展,物联网、BIM、大数据、人工智能等数字化技术在土木工程行业的应用,借助信息技术的管理流程的数字化转型,这有利于进行施工全过程的实时监测、快速预警及智慧决策,在一定程度上可以破解传统土木工程施工安全管理的现实困境。因此,对土木工程施工安全管理数字化转型进行研究,有着一定的理论价值及现实意义。

一、土木工程施工安全管理现状与数字化转型需求

(一) 传统安全管理的核心痛点

传统管理模式首先存在信息传递滞后且不完整的问题。在施工安全生产管理方式上,主要采用人工记录的形式进行信息的交流,如安全生产工作人员通过填写现场安全隐患表格的形式进行记录和总结后,逐级进行上报,这样不但占用大量时间,还导致信息出现严重滞后现象,由于人工记录容易遗漏部分重要信息或者信息记录出现偏颇,管理层不能及时、全面地获得现场安全生产状态信息,难以及时进行正确决策^[1]。其次,人工管理在安全排查方面容易受主观因

素制约。如人员数量的限制、精力的局限性,难以对施工工地进行全面的覆盖排查;对于复杂工程,如超高层建筑、跨海大桥的工程,人工排查时无法及时发现隐蔽工程的安全隐患问题,加之人工隐患排查没有统一的判断标准与规定,易产生不同人员对隐患判断标准的不一而影响安全隐患识别工作的结果判断等。此外,传统安全管理模式更侧重于施工前的安全策划工作和对施工过程的定期检查,不能对施工过程的安全风险变化进行实时追踪,而施工现场的安全状态如环境、人员、设备、施工进度、机械设备工况等均处在动态变化的过程中,一旦现场出现一些突发状况,传统的管理模式就很难及时调整安全管理策略,无法很好地应对新出现的安全风险。

(二) 数字化转型的核心价值

土木工程施工安全管理数字化转型具有多方面的价值。

一是能提升安全管理效率。实现施工信息数字化管理可以对施工现场的施工安全信息进行实时采集、传送和处理,通过采用物联网技术对现场设备的相关数据信息,将人员分布、施工机械状态、环境状态等实时上传安全信息管理平台,进行实时监控和分析,安全管理人员通过管理平台实时获取现场信息数据,能够及时发现处理施工安全隐患,避免信息传递过程中信息滞后所造成的损失,这极大的缩短了信息传递及处理时间,提升安全管理工作效率^[2]。二是增强风险预警能力。在施工安全管理中,利用大数据及人工智能技术对海量施工安全数据进行处理及挖掘,建立安全风险预测模型,

通过对比历史数据与实时数据提前预测安全事故发生的几率及趋势,实现安全风险的超前预警,使管理人员能采取相应的措施,及时控制,减少事故发生率。三是实现精细化管理。借助BIM技术可集成施工过程的各类信息,建立起三维模型,将施工安全管理的所有元素可视化呈现,管理人员通过BIM模型,对施工方案进行模拟优化,提前识别潜在安全风险,并制定解决方案,数字化平台还可实现对施工安全管理环节全程跟踪、记录,使施工安全管理具有精细的过程监控能力。

二、土木工程施工安全管理数字化转型的关键技术路径

(一) 依托物联网技术进行实时感知与数据采集

在施工安全管理中,通过应用传感器、射频识别等设备,实时采集施工现场的各类信息,如在土木工程施工中,可在施工人员、施工设备、施工环境等场所布置大量的传感器,对施工人员进行安全头盔定位、穿戴、心跳、跌倒检测等参数信息的实时采集;在塔吊、升降机等大型施工设备布置参数检测传感器,实时采集设备高度、角度、载重等参数信息;对施工环境的温湿度、粉尘浓度、噪声强度等使用环境参数检测传感器,采集施工环境数据信息。通过这些传感器采集的数据,经无线网络将数据传输到数据中心,管理人员通过管理平台可以实时掌握现场人员、设备、环境情况,及时发现异常及时采取相应措施。如智能安全帽测得的人员发生跌倒或者测得的心跳异常则自动报警,可第一时间进行定位并救助人员;塔吊如果出现运行参数值超过安全数值,则系统可以及时发出预警信号,自动限制设备运行,避免事故发生。

(二) 借助BIM技术实现多源信息整合与可视化管控

BIM技术有着强大的信息集成和可视性特征,能够将土木工程施工中所涉及的各种建筑信息、结构信息、设备信息、施工进度信息等多种信息集成到三维模型中去,在施工安全管理中,依托BIM模型可直观表达出施工现场的布置、施工的工序顺序以及安全设施的布置等信息,能够协助管理人员提前识别出一些存在的潜在安全隐患。在施工阶段,结合BIM进行施工模拟,可以优化施工方案,减少因施工工艺不合理引发的安全风险,如在深基坑施工时,可以通过BIM模型模拟基坑开挖、支护过程,分析土体应力变化、支护结构受力情况,提前发现可能存在的坍塌风险,调整施工方案^[3]。BIM模型还可以同物联网技术相融合,将实时采集的施工数据与模型关联,实现对施工过程进行动态可视化管控,管理人员

可基于BIM模型实时察看施工现场实际状况,对比施工进度和计划进度的差距,及时发现安全管理中的问题进行修正。

(三) 通过大数据与人工智能优化风险预测与智能决策

大数据技术可以将土木工程施工数据中产生的大量数据进行保存、分析和处理,数据来源可以是土木工程施工安全检查数据、施工设备使用数据、施工人员操作数据、施工区域环境监测数据等,通过对这些数据的综合分析和对比,得出数据中的潜在规律以及隐藏的数据风险。例如针对以往的历史数据安全事故分析,确定历史数据中安全事故发生几率较高的时间段、区域、事故原因等规律,制定针对性的土木工程施工安全管理对策。在安全风险的预测或智能决策方面,基于机器学习算法,可以结合以往的安全数据,建立安全风险预测模型,对未来可能出现的安全风险进行预测。例如,根据塔吊的历史运行数据、运维检修记录数据以及施工环境因素对塔吊故障可能性进行预测,提前对塔吊进行维保、检修工作。人工智能系统基于所采集的安全实时数据和风险预测等数据,可自动生成决策预案。例如,施工现场存在火灾隐患,系统可自动生成现场人员的疏散路线,并生成灭火措施提供给管理人员。

(四) 云计算与数字化平台协同管理与数据共享

云计算技术能够提供强大的计算能力和数据存储能力,这可以对土木工程施工安全管理数字平台建设提供稳定的助力,也可以利用云计算平台实现对施工安全管理数据的存储和处理,降低施工企业计算机、软件、设备采购等成本支出,云计算平台扩展性强,可以凭借其较好的可伸缩性对计算和存储等资源实现灵活动态的调节。数字化平台是土木工程施工安全管理实现协同管理和数据共享的根本途径。依托数字平台实现物联网、BIM、大数据、人工智能等技术实现各类安全管理信息数据在施工现场的一体化管理,并进行整合展示^[4]。施工单位、监理单位、设计单位等可以实时利用数字化平台进行安全管理相关信息数据的共享,协同进行土木工程施工安全管理。如监理单位通过利用平台查看施工单位安全管理措施是否得到落实,提出整改意见;设计单位根据当前施工现场具体情况,进行土木工程设计方案优化,并确保土木工程施工安全。数字化平台实现安全管理相关流程的自动化,如安全检查流程、隐患整改流程等,使土木工程施工安全管理得以规范化、标准化。

三、数字化转型的典型应用场景

(一) 深基坑施工安全监测

深基坑施工特点有施工周期长、地质条件复杂、风险高等等特点,传统的安全监测技术难以满足深基坑的安全管理要求。在深基坑施工安全监测中运用数字化技术可实现监测对基坑变形、土体应力、地下水位等参数的实时监测。在基坑周围设置位移传感器、应力传感器、水位传感器等物联网传感器设备,并将采集到的基坑监测数据传输至数字化管理系统,借助 BIM 技术建模深基坑的三维模型,并将实时监测数据与模型挂钩,实现在平台中可视化显示基坑的安全状态,实现管理人员在平台上实时查看基坑变形信息,监测数据超过预警阈值后,系统自动报警,并自动进行基坑应急预案编制等。

(二) 高处作业安全防控

高处作业是土木工程施工中安全事故的高发环节,传统模式下的安全防控主要依靠安全网、安全带等防护设施和人工巡查,存在一定的局限性。数字化转型为高处作业安全防控提供了新的手段。对高处作业人员佩戴智能安全帽、定位装置,对作业人员的位置和操作行为进行跟踪,当作业人员进入危险区域或人员未正确使用安全带时,系统自动发出预警。对高处作业区域运用物联网技术进行电子围栏设置,人员跨越围栏时系统自动报警,将相关信息推送给现场管理人员。通过 BIM 技术可以模拟优化高处作业的流程和过程,提前制定高处安全作业路径及安全防护设施布置计划。在施工过程中,利用数字化平台实时查看高处施工作业人员实时作业状态及安全防护措施落实情况,随时发现并纠正不安全现象。如利用数字化安全防控系统解决某超高层建筑施工高处作业安全事故频发问题,提高高处施工作业的安全系数。

(三) 大型设备安全管理

塔吊、升降机等大型机械设备在土木工程施工中具有至关重要的作用,大型机械在施工现场运行的安全状况直接关系到土木工程项目的施工进度及施工人员安全。传统的大型设备安全管理主要集中在定期维护、人工检查设备,不能及时排查出大型设备可能存在的故障隐患。数字化转型过程中,在大型设备上安装传感器,实时采集设备的运行数据以及关键部位的运行状态信息^[5]。针对设备运行数据通过大数据分

析,实现设备的长期运行参数采集、趋势分析等,预测设备的故障,提前安排设备的维护检修等工作。如塔式起重机起升机构、变幅机构的运行数据通过分析可以预测其轴承的磨损程度,提前更换磨损件,避免由于设备故障造成安全事故的发生。另外,利用 BIM 技术建立大型设备三维模型,把设备的安装、调试、维护等信息集成到模型中,对设备生命周期进行管理,在设备运营过程中,通过数字化平台查看设备运行和维护记录,为设备安全管理做好全程的数据支撑。

结语

数字化转型将是土木工程施工安全管理的发展方向,对于提高土木工程施工安全管理能力,更好地推进施工过程工程建设具有重大意义。本文基于传统安全管理的典型痛点,提出数字化转型实现途径,从物联网、BIM、大数据与人工智能、云计算等土木工程施工安全管理的关键技术路径出发,分析其在土木工程施工安全管理的实践应用,并结合基于 BIM 技术的深基坑施工安全监测、基于手机智能安全锁的高处作业安全防护、基于物联网技术的大型设备安全管理实践效果阐述了数字化转型的应用场景。目前,土木工程施工安全管理数字化转型还存在数字化技术应用成本高、专业人才缺乏、数据安全风险等问题,需要政府、企业、科研机构等多方力量加大数字化技术研发和推广应用的政策扶持力度、数字化人才的培养力度,建立健全土木工程施工安全管理数字化转型的数据安全保障机制,实现对土木工程施工安全管理数字化转型向更高层次转变,进而实现行业的高质量发展。

[参考文献]

- [1]江勇.建筑施工技术管理的数字化转型分析[J].建筑与装饰,2024(8):175-177.
- [2]刘宇.国有施工企业数字化转型战略研究——以中交一公局为例[D].首都经济贸易大学,2022.
- [3]田昊,周文娟,吕玲瑞.透视数字化转型对企业安全管理重构与优化策略[J].现代工业经济和信息化,2024,14(7):71-73.
- [4]姜宗斌.基于数字化转型下的施工企业安全管理措施改进途径[J].产城:上半月,2022(9):0094-0096.
- [5]王芳芳,赵秋菊.建筑施工信息化管理的现状及对策分析[J].移动信息,2023,45(7):101-103.