

信息化技术在高速公路施工安全管理中的应用研究

郭译文

广东 惠州 516000

DOI:10.61369/UAID.2024110004

摘 要： 高速公路施工安全管理存在机械伤害、高空坠落等风险，信息化技术为其提供重要支撑。通过智能穿戴等实现过程监控，借助智能预警系统精准预测隐患，还可利用 BIM 等技术优化施工、验收与监测。但应用中面临多系统数据融合、智能算法泛化等问题，需制定标准、优化算法、提升人员能力、完善制度，以推动安全管理发展。

关 键 词： 高速公路施工；信息化技术；安全管理

Application of Information Technology in Highway Construction Safety Management

Guo Yiwen

Huizhou, Guangdong 516000

Abstract： there are risks such as mechanical injury and falling from height in the safety management of expressway construction, and information technology provides important support for it. Process monitoring can be realized through intelligent wear, and hidden dangers can be accurately predicted with the help of intelligent early warning system. Bim and other technologies can also be used to optimize construction, acceptance and monitoring. However, the application is faced with problems such as multi system data fusion and generalization of intelligent algorithms. It is necessary to formulate standards, optimize algorithms, improve personnel capabilities and improve systems to promote the development of safety management.

Keywords： highway construction; information technology; security management

引言

《公路工程项目安全生产管理办法》于2021年颁布，旨在加强公路工程项目安全生产工作，保障人民群众生命和财产安全。在此政策背景下，高速公路施工安全管理愈发重要。其面临机械伤害、高空坠落、材料堆放等多种风险，技术根源与施工流程紧密相关。信息化技术在其中具有重要理论支撑，于施工过程动态监控、安全隐患智能预警等方面发挥关键作用。然而，应用中存在多系统数据融合障碍、智能算法泛化能力局限等问题，需从技术、人员、管理等方面优化，以推动高速公路施工安全管理发展。

一、信息化技术对高速公路施工安全管理的理论支撑

（一）高速公路施工安全管理的主要风险

高速公路施工安全管理面临多种主要风险。机械伤害风险常见，施工中各类机械设备如起重机、挖掘机等频繁作业，若设备故障、操作不当或人员违规靠近，易引发机械伤害^[1]。高空坠落风险不容忽视，在桥梁架设、隧道开挖等高空作业环节，若防护措施不完善、人员未规范佩戴安全装备，就可能发生坠落事故。材料堆放隐患也较为突出，施工材料如钢材、水泥等大量堆放，若场地规划不合理、堆放方式不科学，易出现材料坍塌，砸伤人员或损坏设备。这些风险产生的技术根源与施工流程紧密相关，

例如，部分施工工艺复杂，对机械设备精准操作要求高，稍有偏差就可能引发危险；高空作业施工流程设计若缺乏对安全防护的周全考虑，便会留下坠落风险；材料堆放时若未结合场地承载能力等技术参数合理规划，就会形成材料堆放隐患。

（二）信息化技术的适用性理论框架

信息化技术在高速公路施工安全管理中具有重要理论支撑。从适用性理论框架来看，BIM技术能够建立三维可视化模型，全面展示施工场地、设施设备等信息，使管理人员对施工环境有直观认知，提前识别潜在风险点，其适用性体现在风险预防环节对空间信息的精准把控^[2]。物联网技术可通过各类传感器实时采集施工过程中的数据，如设备运行状态、人员位置等，实现对施工

过程的动态监控，在过程监控环节发挥关键作用，确保施工安全有序进行。大数据技术则对海量的施工安全数据进行分析，挖掘潜在规律，为应急响应提供决策支持，帮助制定科学合理的应急预案。这些技术各自的适用性相互配合，共同构成高速公路施工安全管理的有力理论框架。

二、信息化技术的应用场景与实施路径

（一）施工过程动态监控体系

在高速公路施工过程动态监控体系中，信息化技术发挥着关键作用。通过智能穿戴设备与 UWB 定位技术结合，可实现对施工人员行为的精准管理。智能穿戴设备能实时收集人员的生命体征、运动状态等数据，UWB 定位技术则可精确追踪人员位置，当人员处于危险区域或行为异常时及时预警^[6]。同时，图像识别技术应用于违规操作自动识别。在施工现场布置摄像头，利用图像识别算法对施工人员的操作行为进行实时监测，一旦发现未佩戴安全帽、违规使用机械等违规行为，系统自动抓拍并发出警报，通知管理人员及时处理。这两种技术的应用，全方位动态监控施工过程，有效提升高速公路施工安全管理水平。

（二）安全隐患智能预警系统

在高速公路施工安全管理中，安全隐患智能预警系统借助信息化技术实现高效运作。该系统通过构建基于机器学习的风险预测模型，利用多源异构数据融合分析技术对隐患进行精准预测。具体而言，系统广泛收集施工现场的各类数据，如环境数据、设备运行数据、人员操作数据等，这些多源异构数据涵盖不同格式与来源。运用数据融合分析技术，将这些数据整合处理，提取关键特征，为机器学习模型提供高质量的数据支撑。以某高速公路施工项目为例^[4]，通过对现场传感器实时采集的数据与历史事故数据进行融合分析，输入到预先构建的机器学习模型中进行训练与优化，模型可有效预测潜在安全隐患，提前发出预警，助力管理人员及时采取措施，降低事故发生概率，保障施工安全。

三、典型工程实践的技术验证

（一）BIM 协同管理平台应用

1. 三维可视化施工模拟

以某桥梁工程为例，借助 BIM 协同管理平台的三维可视化施工模拟技术，实现对施工工序的优化与风险预判。在该桥梁工程中，将 BIM 模型与施工进度计划相结合，构建 4D 模型。通过三维可视化模拟，能直观呈现各施工阶段的场景，施工人员可清晰看到不同工序的先后顺序与空间位置关系，从而发现潜在的工序冲突与不合理之处，及时调整优化，确保施工有序进行。同时，利用模拟还能对可能出现的安全风险进行预判，如高空作业区域的坠落风险、大型机械作业的碰撞风险等^[5]。针对这些预判出的风险，提前制定防范措施，有效降低施工安全事故发生的可能性，充分验证了 4D 施工模拟在高速公路桥梁施工工序优化与风险预判方面的重要应用价值。

2. 数字孪生质量监控

在某高速公路典型工程实践中，运用 BIM 协同管理平台的数字孪生质量监控功能，将点云扫描技术与 BIM 模型比对应用于隐

蔽工程验收，取得了显著效果。通过点云扫描设备对隐蔽工程部位进行高精度数据采集，获取实际施工的三维点云数据。随后，将这些数据导入 BIM 协同管理平台，与预先建立的精准 BIM 模型进行细致比对^[6]。从比对结果可以清晰直观地发现实际施工与设计模型的偏差，如管道铺设位置偏差、钢筋间距误差等问题。这不仅能快速定位质量隐患，还能整改提供准确数据支持，大大提高了隐蔽工程验收的效率与质量，有效避免因隐蔽工程质量问题带来的后期安全隐患，有力保障了高速公路施工安全与整体质量。

（二）物联网安全监测系统实践

1. 环境参数实时感知网络

在某高速公路边坡稳定性监测的典型工程实践中，构建了基于分布式传感器网络的环境参数实时感知网络。系统架构方面，在边坡不同位置合理部署各类传感器，如位移传感器、倾角传感器、湿度传感器等，形成分布式布局，确保全面覆盖监测区域。传感器采集的数据通过无线通信模块传输至汇聚节点，再由汇聚节点上传至云服务器。数据分析方法上，运用专业数据分析软件对采集的数据进行预处理，去除异常值和噪声干扰。然后，基于时间序列分析、回归分析等算法，挖掘数据间的潜在关系，评估边坡稳定性状况。通过长期监测数据的积累与分析，能及时发现边坡变形趋势，预测潜在风险，验证了该分布式传感器网络在边坡稳定性监测中的有效性与可靠性^[7]。

2. 设备状态智能诊断模块

在某高速公路施工项目中，针对大型施工机械的安全管理引入了振动监测与故障诊断算法进行技术验证。通过在机械关键部位安装振动传感器，实时收集振动数据，并利用故障诊断算法对数据进行分析，能够精准识别机械运行状态及潜在故障隐患。例如，通过分析振动幅度、频率等特征参数的变化，可以提前预测机械部件的磨损、松动等问题^[8]。实践表明，这种技术显著提高了机械运行的安全性，减少了因故障导致的施工延误次数，同时降低了维修成本，充分展现了其在大型施工机械安全管理中的应用价值。

四、技术应用的关键问题与优化策略

（一）技术集成应用瓶颈分析

1. 多系统数据融合障碍

在高速公路施工安全管理的信息化技术集成应用中，多系统数据融合存在障碍。不同技术平台接口标准不统一，使得各系统间难以实现协同工作。例如，安全监测系统与施工进度管理系统，因接口标准差异，数据无法顺畅交互，导致安全预警无法与施工进度有效关联^[9]。这不仅增加了管理成本，还降低了安全管理效率，可能使安全隐患难以及时发现与处理。优化策略上，应制定统一的接口标准规范，促使各技术平台开发商遵循。同时，搭建数据转换中间层，通过中间层对不同格式的数据进行解析与转换，实现多系统数据的有效融合，提升高速公路施工安全管理的信息化水平与协同效率。

2. 智能算法泛化能力局限

在信息化技术于高速公路施工安全管理的应用中，智能算法泛化能力局限成为技术集成应用的瓶颈。特殊工况下，现有智能

算法构建的预警模型适用性降低。这是由于高速公路施工环境复杂,特殊工况具有独特性,算法在训练时难以覆盖所有情况,导致其面对特殊工况无法精准预警。当遇到极端天气、复杂地质条件等特殊工况,算法学习到的特征与实际情况出现偏差,影响预警效果^[10]。为优化这一状况,可增加特殊工况数据收集,丰富训练集,让算法学习更多特殊特征。还能采用迁移学习等技术,将其他相似领域知识迁移到高速公路施工安全管理中,提升算法对特殊工况的适应能力,改善泛化性能,使预警模型在复杂多样的施工环境中保持良好的适用性。

（二）管理制度配套优化

1. 新型岗位能力要求

随着信息化技术在高速公路施工安全管理中广泛应用,对BIM协调员、数据分析师等新型岗位的能力要求也相应提高。对于BIM协调员,不仅要熟练掌握BIM建模软件,还需具备结合高速公路施工流程进行模拟分析、风险预判的能力,能有效协调各方基于BIM模型进行安全管理工作。数据分析师则要精通数据挖掘与分析技术,能够从海量施工安全数据中提取关键信息,为安全决策提供有力支持。因此,构建针对性的培训体系极为关键,应涵盖专业技术知识、实际案例分析以及跨部门协作等内容,确保新型岗位人员能迅速适应并胜任工作,推动信息化技术在高速公路施工安全管理中的高效应用。

2. 安全管理流程重构

在信息化技术应用于高速公路施工安全管理时,管理制度配套优化方面,需制定明确针对信息化安全管理的规范,对数据采集、分析、使用等环节进行详细规定,确保信息化技术应用有章可循,比如设定信息录入的标准格式。同时,要明确各部门在信息化安全管理中的职责,避免出现管理真空或重叠。安全管理流程重构应以PDCA循环为基础,重新梳理从安全计划制定、实施、检查到改进的各个环节。在计划阶段,利用信息化手段精准识别风险;实施过程中,借助信息技术实时监控施工情况;检查环节依靠数据比对分析找出安全隐患;改进时依据数据分析结果制定针对性措施,从而实现安全管理流程的数字化、科学化与高效化。

（三）技术创新发展方向

1. 边缘计算技术应用前景

在高速公路施工安全管理应用边缘计算技术,面临一些关键问题。一方面,边缘节点设备的性能有限,在处理大量复杂施工

数据时,可能难以满足实时响应需求,影响对安全隐患的及时预警。另一方面,边缘计算与云计算的协同存在挑战,数据在两者间传输可能出现延迟、丢包等情况,降低数据交互的稳定性。针对这些问题,可采取相应优化策略。提升边缘节点硬件性能,采用更先进的芯片和存储设备,增强数据处理能力。优化边缘与云的协同机制,例如运用智能缓存技术,在边缘节点缓存常用数据,减少对云计算的依赖,同时利用高效的通信协议,保障数据传输的稳定与快速,以此提高边缘计算在高速公路施工安全管理中的应用成效。

2. 元宇宙技术融合创新

在将信息化技术应用于高速公路施工安全管理时,存在一些关键问题。一方面,技术与实际施工场景的适配性有待提升,不同路段、施工环节的需求差异大,统一的信息化技术难以完全满足。另一方面,施工人员对新技术的接受程度和操作能力参差不齐,影响技术应用效果。而且,数据安全也是重要问题,大量施工安全数据存在泄露风险。针对这些问题,可采取优化策略。开发针对性强的信息化应用,依据不同施工场景特点定制功能。加强施工人员培训,提升其对信息化技术的掌握水平,设立专门辅导人员进行现场指导。同时,强化数据安全防护,采用加密、访问控制等技术,保障数据不被非法获取和篡改,促进元宇宙等技术与高速公路施工安全管理深度融合。

五、总结

信息化技术为高速公路施工安全管理带来显著变革。它通过实时监测、智能预警等功能,有效赋能安全管理,显著提升管理效率与精准度。依据技术成熟度,其发展历经基础应用、融合发展到深度集成等阶段。当前,尽管信息化技术已广泛应用,但仍存在技术标准不统一、智能化程度有待提高等问题。后续研究应着力构建完善的技术标准体系,确保不同系统、设备间的兼容性与协同性;同时,大力提升智能化水平,充分挖掘大数据、人工智能等技术潜力,实现更高效、智能的安全管理决策,推动高速公路施工安全管理迈向新高度。

参考文献

- [1] 张珂. 信息化技术在萌山水库大坝安全管理中的应用研究 [D]. 山东科技大学, 2021.
- [2] 武润香. LH高速公路施工安全风险研究 [D]. 太原理工大学, 2023.
- [3] 王乔乔. 基于信息化技术的装配式构件吊装施工安全风险动态管理研究 [D]. 兰州理工大学, 2021.
- [4] 程淑薇. 江西萍乡至莲花高速公路工程项目施工现场安全评价研究 [D]. 华东交通大学, 2021.
- [5] 柴昭. BIM及CA技术在水利工程安全管理中的应用研究 [D]. 河北农业大学, 2021.
- [6] 王将, 张乙彬. BIM技术在高速公路施工安全管理中的应用 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(09): 212-213.
- [7] 王健永. 信息化技术在建筑施工安全管理中的应用研究 [J]. 石油化工建设, 2023, 45(03): 94-96.
- [8] 雷志宁, 严凯. 网络通信技术在高速公路工程管理中的应用——评《道路交通信息可信交互安全技术》[J]. 应用化工, 2024, 53(11): 10008-10008.
- [9] 卜庆略, 梁瑜, 何开炳. BIM技术在公路工程施工中的应用研究 [J]. 公路交通科技, 2023, 40(S02): 158-163.
- [10] 付翔云. 深圳市东部过境高速公路施工安全管理问题及对策 [J]. 四川建材, 2023, 49(01): 241-243.