

数字化技术在公路工程安全环保管理中的创新应用

李 浩

(四川公路桥梁建设集团有限公司公路隧道分公司, 四川 成都 610222)

摘 要 在公路工程领域, 安全环保管理作为保障工程质量、维护生态环境的关键环节, 其重要性不言而喻。传统的公路工程安全环保管理方式往往依赖于人工巡检和经验判断, 存在效率低、覆盖面窄、响应速度慢等问题。数字化技术的引入, 为公路工程安全环保管理带来了革命性的变化, 不仅提高了公路工程安全环保管理的效率和精准度, 还增强了风险防控和环境保护的能力。本文探讨了数字化技术在公路工程安全环保管理中的创新应用, 分析了其对提升管理水平和工程质量的积极作用, 以期为推动公路工程管理向更加智能化、精细化和可持续的方向发展提供参考。

关键词 数字化技术; 公路工程; 安全环保管理; 信息孤岛; 预警能力

中图分类号: U415.1

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.19.008

0 引言

随着科技的飞速发展, 数字化技术在各行各业中的应用日益广泛, 尤其在公路工程领域, 其创新应用正逐渐改变传统的安全环保管理模式。公路工程作为基础设施建设的关键部分, 其安全与环保问题直接关系到社会的可持续发展和人民群众的生命财产安全。然而, 传统的安全环保管理方法由于信息处理效率低、沟通协调困难等问题, 难以满足日益复杂的工程需求。因此, 数字化技术的引入, 为公路工程的安全环保管理提供了新的解决方案。通过数字化技术能够实现对工程项目全过程的精确监控、实时数据采集与分析、信息共享与协同管理, 从而提升安全风险的预测与预警能力, 优化环保措施的实施效果。数字化技术不仅提高了管理效率, 还增强了各参与方之间的协作, 促进了信息流通与共享, 为公路工程的绿色、智能、安全发展奠定了基础。

1 数字化技术在公路工程安全环保管理中的优势

1.1 提高管理效率

借助实时监控和数据采集技术, 能够全面、准确地跟踪工程项目中的安全和环保情况, 通过传感器、无人机等设备实时收集现场数据, 及时发现潜在的安全隐患与环境污染问题。通过数据分析与处理, 管理人员可以快速评估问题的严重性, 采取有效措施, 防止事故的发生。此外, 数字化技术还为智能预警和应

急响应机制提供了有力支持。系统可以根据实时数据与历史数据建立预测模型, 对潜在风险进行预测, 并在危险发生前发出预警, 从而使管理人员能提前做好防范措施, 迅速采取应急措施以应对突发事件, 最大限度地减少事故损失。数字化技术通过构建资源共享与协同管理平台, 打破了信息孤岛的局限。通过平台, 不同地区、不同部门间可以共享工程进度、安全监控、环境影响等方面的实时数据, 实现跨区域、跨部门的协同管理。各方可以基于同一平台进行协作, 从而提高决策的及时性与准确性, 减少管理盲点和延误^[1]。

1.2 增强预警能力

数字化技术能够通过对历史施工数据、环境监测数据及工程进度的深入分析, 构建精准的安全风险评估模型。这些模型可以综合考虑多种因素, 如施工工艺、气候条件、地质环境等, 预测潜在的安全隐患, 为工程管理者提供预警, 提前采取风险防控措施。其次, 实时监控和数据采集技术的应用, 使得施工现场的环境污染源和安全隐患能够及时被识别。通过传感器、无人机等设备持续监测施工现场的各类数据, 并通过智能分析系统处理, 为管理者提供实时反馈, 确保在早期阶段就能采取有效的措施进行干预, 从而避免事故的发生^[2]。

1.3 优化资源配置

通过实时监测和管理施工现场的水资源、能源及其他自然资源, 数字化技术能够为工程管理提供精确

的数据支持,实现资源的最优调度与合理利用。例如:通过传感器和智能管理系统,可以实时掌握水资源的消耗情况与能源的使用效率,在确保施工进度的同时避免过度消耗,进而有效减少资源浪费。其次,智能预警与应急响应机制的引入,使得突发事件能够在最短时间内得到处理,最大程度上减少了因安全事故或环境污染所带来的资源损失。数字化系统能够根据现场数据自动触发应急预案,快速调动相关资源进行处理,不仅减少了人为干预的失误,还提高了资源应急使用的效率。此外,数字化平台为不同地区、不同部门之间的信息共享和协同管理提供了有效支持。各部门通过统一的平台实时共享资源使用情况与项目进度,不仅提高了决策效率,还确保了资源配置的科学性和合理性。

2 数字化技术在公路工程安全环保管理中的应用现状

2.1 安全管理方面

安全监控系统的应用已成为公路工程施工现场安全管理的重要组成部分。借助先进的数字化技术,如高精度传感器、智能摄像头及无线通信技术,施工现场的每个角落都能被实时监控。例如:在隧道施工中,安装气体传感器和空气质量监测设备,可以随时检测施工环境中的有害气体浓度,确保施工人员的生命安全。此外,智能视频监控系统能够通过计算机视觉技术对施工人员的行为进行分析,自动识别是否佩戴安全帽、安全带等安全防护装备。一旦发现违规行为,系统会自动发出警报并提醒相关人员进行纠正,从而避免因人为疏忽导致的安全事故。

数字化技术在安全风险评估与预警方面的应用也日益成熟。通过建立安全风险评估模型,结合实时监测数据与历史安全事故记录,数字化技术能够对施工现场的潜在风险进行实时评估,并提前预测可能发生的安全问题。例如:通过对施工现场的地质数据、气象数据、施工设备运行状态等进行智能分析,系统可以预测出可能存在的安全隐患,提前采取防范措施,最大限度地减少安全事故的发生。该系统不仅能及时向管理人员发送预警信息,还能根据不同的风险等级自动触发应急响应程序,调动现场应急资源,确保能够在最短的时间内处理突发事件^[3]。

2.2 环保管理方面

数字化技术在环境监测系统中的应用有效提升了监测精度和实时性。通过部署先进的传感器、无人机、监测仪器等设备,施工现场的空气质量、水质、噪声、

土壤污染等各类环境参数得以实时采集和监控。这些传感器通过无线传输技术,将数据实时上传至中央监控系统,从而实现了施工现场的全方位、全天候环境监测。当监测数据出现异常,超出环境标准时,系统能够自动发出警报,提醒现场管理人员及时采取有效的应对措施,如调整施工工艺、使用环保材料、增加噪声隔离等,从而有效减少施工对周边环境的负面影响。

数字化技术在环保数据管理与分析方面也发挥了重要作用。通过建立统一的环保数据管理平台,所有施工过程中的环境监测数据得以集中存储与管理。管理人员可以进行实时查询和历史数据对比,及时发现潜在的环保问题。此外,结合大数据技术和人工智能算法,环保数据能够进行深度分析,为环保管理提供科学依据。通过对历史数据的挖掘,分析环境监测中的规律性变化,管理人员可以识别出潜在的风险因素,并提前采取防范措施,避免环保事故的发生。

3 数字化技术在公路工程安全环保管理中的创新

3.1 基于 BIM (建筑信息模型) 技术的施工安全模拟与优化

BIM 技术通过构建三维数字化模型,将公路工程的所有信息进行集成,包括设计图纸、施工进度、材料、设备及人员安排等。这一信息化平台不仅提高了设计和施工阶段的协调性,而且通过可视化手段,促进了施工安全管理的智能化。基于 BIM 模型,施工安全模拟成为可能。利用 BIM 技术,工程师可以在施工前对复杂工艺和施工环境进行模拟,识别潜在的安全隐患,制定针对性的安全防护措施。通过模拟不同施工阶段的操作流程,工程师可以预见到施工过程中可能出现的危险源,如高空作业、机械设备操作、交通疏导等,从而提前设计防护设施并优化施工方案,最大限度地降低事故发生的风险。

BIM 技术在施工安全优化中的应用不仅限于静态模型的构建,还能够与其他数字化工具如 GIS (地理信息系统)、传感器网络等进行数据互通,实现施工现场的实时监控。通过将环境监测数据与 BIM 模型结合,工程师可以实时跟踪施工过程中的噪声、粉尘、空气质量等环保参数,并与施工进度、工艺变化进行关联分析。例如:当施工现场的噪声或粉尘浓度超过设定阈值时,系统可以发出警报,并根据 BIM 模型自动优化施工方案,如调整施工时间、使用低噪声设备或增加隔音设施,从而在确保施工进度同时,保障环境质量和周围居民的生活环境。

此外, BIM技术还能够对施工过程中的资源消耗、废弃物处理等方面进行优化。通过对施工材料、设备和能源的精确计算与管理, BIM技术可以帮助工程项目实现绿色施工, 减少资源浪费并降低环境污染。在施工过程中, BIM模型可以实时监控各类建筑材料的使用情况, 确保材料的高效利用, 并根据施工需求精准调配资源, 避免过度采购或浪费^[4]。

3.2 物联网技术在环境监测与治理中的应用

物联网技术通过将传感器、通信网络、数据分析和人工智能等先进技术集成, 能够在公路施工现场实现对环境状况的实时监控、数据采集和智能化处理, 极大地提升了环境管理的效率和精度。尤其是在施工过程中, 大气污染、水体污染、噪声和粉尘等环境问题对周边生态的影响日益显著, 物联网技术通过精确监测这些环境因素, 提供了有效的解决方案。例如: 施工现场安装的空气质量传感器可以实时检测空气中的有害物质浓度, 如PM_{2.5}、氮氧化物和挥发性有机化合物(VOCs)。这些传感器通过无线网络将监测数据传输至后台平台, 系统根据预设的阈值进行数据分析, 一旦发现污染物浓度超标, 系统会及时发出警报, 管理人员可根据预警信息采取相应的措施, 如调整施工进度或优化施工工艺, 最大程度降低对环境的影响。

水体污染同样是公路建设中的一个关键问题, 尤其是在地下施工或雨季施工过程中, 废水排放和水土流失可能会对周围水体造成污染^[5]。物联网技术通过水质监测传感器, 可以实时监测水体的pH值、浑浊度、重金属浓度等指标, 并结合GIS技术进行空间定位与污染溯源, 为水体污染治理提供精准的数据支持。噪声与粉尘污染在公路施工中亦不可忽视, 物联网技术通过噪声传感器和粉尘浓度监测设备, 能够实时监控施工现场的噪声和扬尘情况。通过智能分析系统, 能够根据施工现场的具体情况自动调整作业时间、施工方式, 甚至调整施工设备的使用频率, 从而有效减少噪声和粉尘的扩散。

3.3 云计算技术在数据共享与协同管理中的应用

云计算技术能够将分散在不同部门、不同环节的安全与环保数据集中存储和处理, 形成统一的数据平台。这种集中的数据存储不仅提升了数据管理的效率, 也确保了数据的完整性和安全性。通过云计算平台, 公路工程项目各参与方(如设计单位、施工单位、监理单位、环保部门等)可以实时访问与项目相关的各类数据, 避免了信息孤岛现象的出现, 实现了信息资源的最大化利用。

云计算技术为公路工程项目的安全环保管理提供了更为高效的协同管理机制。在传统的管理模式, 各方在项目执行过程中通常存在信息不对称和沟通不畅的情况, 容易导致安全隐患的忽视与环保措施的滞后。而通过云计算平台, 各方能够实时共享和交换信息, 不仅提升了沟通效率, 还使得各方能够根据实时数据作出更加科学的决策。当施工现场出现环保问题时, 环保部门可以通过云计算平台迅速获取相关数据, 并与施工单位进行协调, 及时调整施工方案, 确保环保要求得到满足^[6]。

云计算技术的实时数据处理与分析能力, 进一步提升了安全与环保管理的精确性和可操作性。通过云计算平台, 项目管理者可以实时监控施工现场的各项安全指标与环保参数, 利用云端的数据分析功能对潜在的风险进行预警。当监测数据超过预设阈值时, 系统会自动发出警报, 并建议采取相应的措施, 提前防范可能的安全事故或环保问题^[7]。此外, 云计算平台还能够根据历史数据进行深度分析, 帮助项目管理者发现潜在的风险趋势, 从而为后续的管理决策提供有力支持。

4 结束语

数字化技术的引入, 不仅极大地提升了公路工程安全环保管理的效率和精准度, 还有效增强了风险预警和应急响应能力, 为公路工程的安全建设和绿色发展提供了有力保障。未来, 随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展, 数字化技术在公路工程安全环保管理中的应用前景将更加广阔, 将会有更多创新性的数字化解决方案, 为公路工程的安全、高效、可持续发展提供技术支持。

参考文献:

- [1] 高立勇, 王文帅, 朱世超, 等. 高速公路设计阶段数字化技术实践应用[J]. 运输经理世界, 2025(03):28-30.
- [2] 曹阳. 数字化、智能化背景下公路综合智慧养护管理系统建设[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(01):177-179.
- [3] 贺文武, 陈家驹, 侯照保, 等. BIM技术在公路工程中的实施与应用[J]. 广州建筑, 2024, 52(S1):65-69.
- [4] 程晓鑫, 张林, 金林洁, 等. 公路工程的安全智能管理模式研究[J]. 中国设备工程, 2024(23):28-30.
- [5] 陈苏. 公路工程项目全专业、全流程、全过程数字化探索[J]. 交通科技与管理, 2024, 05(21):166-168.
- [6] 李世孝. 高速公路房屋建筑安全、环保、节能设计理念分析[J]. 工程建设与设计, 2022(19):122-124.
- [7] 许词. 高速公路桥梁工程中的安全管理对策及环保策略[J]. 工程建设与设计, 2021(23):221-223.