

# 加强道路与桥梁工程施工安全管理的策略研究

文 / 卢 嫵 安徽皖通高速公路股份有限公司合肥管理处

**摘要：**道路与桥梁工程建设中的安全管理，是保证工程顺利进行，提高工程质量和可靠性的重点。在工程规模日益扩大、技术飞速发展的今天，建设中存在的安全问题也显得复杂与严重。文章论述了在道路与桥梁工程建设中强化安全管理的需求和策略，并着重阐述了建设基于物联网实时安全监测预警系统的思路、将BIM技术运用于优化施工安全模拟和风险评估，推行AI辅助智能化安全检查和决策支持，是一种创新性手段。同时论述了建立跨项目安全知识图谱和经验共享平台以及基于VR/AR技术开展沉浸式安全培训和演习的意义，其目的在于为促进施工安全管理水平的提高提供实践指导与理论支持。

**关键词：**道路与桥梁工程；施工安全管理；物联网

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.072

## 引言

在我国基础设施建设迅速发展的背景下，道路桥梁工程建设规模不断扩大，其建设安全问题日益突出。在施工期间，事故的频繁发生不仅会威胁施工人员的安全，也会造成经济损失以及工程延误。在道路与桥梁工程建设中强化安全管理是保证工程质量和提高建设效率的一项中心工作。传统安全管理方法已很难适应现代工程中复杂安全需求，所以探索符合现阶段技术发展趋势，特别是利用信息技术进行安全管理的策略就成了促进工程施工安全性提高的一个重要发展方向。

### 一、加强道路与桥梁工程施工安全管理的重要性

#### （一）构建韧性交通基础设施的核心保障

在面对日益复杂的自然环境与多样化的人为活动影响时，构建韧性交通基础设施成为保障社会稳定与经济发展的关键。而加强道路与桥梁工程施工安全管理，无疑是构建这一韧性体系的核心保障。考虑到自然因素，当今全球气候变化造成了极端天气的频繁发生，例如暴雨，飓风和地震等自然灾害给交通基础设施带来了严重的威胁。在道路及桥梁工程建设期间，高效的资产管理能够保证项目充分考虑到地质条件和气候因素等。比如在容易产生泥石流的山区修建道路，安全管理就需要详细勘察施工现场地质，并制定出合理边坡防护方案，本实用新型避免了施工造成山体滑坡的问题，也确保了公路在受灾情况下仍能保持一定通行能力。对桥梁工程而言，强风区域内，安全管理将对桥梁结构抗风设计和施工进行严格规范，以保证强风条件下桥梁结构平稳，不会出现颤振及其他险情，保证交通线路连续运行。通过对人为因素的分析可知交通流量不断增加和交通方式多样化对道路和桥梁造成较大压力。施工安全管理可以通过严格控制工程材料，技术及质量来提高道路桥梁承载能力及耐久性。以城市道路施工为例，鉴于重载车辆越来越多，安全管理需要对路面材料强度和耐磨性进行改

善，并对路面结构设计进行优化，本实用新型保证了路面在长时间高强度使用过程中不容易产生坑洼和断裂现象，保持了交通畅通。

#### （二）提升工程全生命周期质量与可靠性的关键

道路及桥梁工程全生命周期涵盖了规划，设计，建设，运行，养护等几个密切相关的环节。其中施工阶段是设计理念向实际项目转变的关键环节，施工安全管理是促进项目全生命周期内质量和可靠性提高的决定因素。施工期间严格的资产管理保证了所有的施工活动都按照科学的程序和标准规范进行。有利于从根本上控制工程质量，确保各施工环节满足设计要求。以桥梁基础施工为例，其安全管理需要严格把关桩基础施工深度，垂直度和混凝土浇筑质量等，以保证地基稳固性。只有地基牢固可靠了，桥梁才能够在随后的运营期间受到多种荷载的作用，从而避免由于地基问题造成桥梁结构的破坏。针对道路工程而言，安全管理对路面施工环节中的材料配比，摊铺厚度以及压实度等重要参数进行了严格把控。合理的材料配比和摊铺压实工艺可确保路面平整度和强度，改善行车舒适性和安全性。同时，在施工安全管理中重视施工人员的培训和管理，保证其具有专业施工技能和安全意识，降低由于人为操作失误造成质量问题。

#### （三）实现“零事故”目标下的社会责任与经济效益

在道路和桥梁工程中，“零事故”目标的实现是施工企业和全行业共同追求的目标，而这一目标的背后蕴含着深厚的社会责任和可观的经济效益。强化施工安全管理是实现这一目的的核心途径。在社会责任视角下，路桥工程关系到大众出行安全和生活质量。在施工期间发生安全事故，不仅给施工人员生命健康带来威胁，同时也会波及周围居民以及过往人员。通过加强施工过程中的安全管理，并实施一系列全面的安全防护措施，例如安装安全警告标志和设置防护围栏等，可以显著降低

事故发生的风险，从而确保施工人员和周围公众的生命安全得到有效保障。与此同时，安全管理也需要施工企业重视环境保护，降低施工中扬尘，噪声和其他污染，有利于保障周围居民生活环境和改善企业社会形象以及落实企业和社会上应尽的义务。从经济效益上看，达到“零事故”的目标可以给企业带来直接和间接经济收益。一方面安全事故通常伴随有重大经济损失，主要表现为人员伤亡补偿费用，工程延误费用和损坏修理或更换费用。企业通过强化施工安全管理来减少事故的发生，就能够避免这些无谓的经济支出和节省工程成本。另一方面，良好的安全管理记录有助于企业在市场竞争中脱颖而出，赢得更多的项目机会。

## 二、加强道路与桥梁工程施工安全管理的策略

### （一）构建基于物联网的实时安全监测预警系统

物联网的快速发展，给路桥工程施工安全管理提供了新机遇。通过建设基于物联网技术的施工现场实时安全监控预警系统，能够实现施工现场各项安全指标实时准确监控。实际作业时，需要先将各种传感器布设到施工现场，例如高边坡路段设置位移传感器对边坡土体位移变化情况进行监测；桥梁施工中塔吊设置有重量传感器和角度传感器，以实时了解塔吊工作情况。在某市桥梁施工项目中，在桥墩的浇筑区域安装有温度传感器，由于浇筑大体积混凝土时水化热使混凝土内部温度过高，如果内外温差过大，容易出现裂缝而影响结构的安全。混凝土内部温度数据经温度传感器实时传送到监控中心。其次，构建数据传输和处理平台。在 5G 或者无线传输网络的帮助下，可以将传感器采集到的数据在后台进行快速稳定的传送。该平台利用大数据分析技术实现了海量

数据的深入挖掘和分析。比如通过分析塔吊在一定时间内的运行数据，就可以预测出塔吊关键部件磨损状况，做到提前检修，以免因为设备故障而导致安全事故。最终建立科学合理的预警机制。根据工程安全标准和实际监测数据制定了不同级别预警阈值。当监测到的数据超过阈值时，系统会马上以短信和 APP 推送的形式对有关管理人员进行预警。

### （二）应用 BIM 技术优化施工安全模拟与风险评估

将 BIM 技术运用到道路与桥梁工程的施工安全管理当中，能够对施工安全模拟和风险评估进行有效的优化。项目规划阶段采用 BIM 技术建立了包含地形地貌，周边环境和建筑物的详细道路及桥梁三维模型。以山区某公路施工项目为例，利用 BIM 模型将公路沿线地形起伏，地质条件及与周围既有设施空间关系进行直观展示。基于 BIM 模型的施工过程仿真。对不同施工阶段过程，施工机械运行轨迹进行了仿真等研究。比如在对该桥上部结构进行施工仿真时，可以清楚地观察到挂篮移动和混凝土浇筑的过程，并预先发现潜在的隐患，比如施工人员和机械发生碰撞的危险以及高空作业坠落的危险。运用 BIM 技术分析功能并结合工程数据和算法量化评价施工安全风险。例如，输入桥梁结构参数和施工荷载来对不同施工工况进行结构稳定性风险评估。以大型跨海大桥工程为研究对象，利用 BIM 技术开展海上作业平台建设和使用风险评价，以确定合理的平台布局和承载能力，减少海上作业风险。另外，把 BIM 模型和施工进度计划联系起来，以达到安全管理动态性。随着施工进度的进行，对模型信息进行实时更新，不断对安全风险进行评价，并对施工方案和安全措施进行适时的调整。

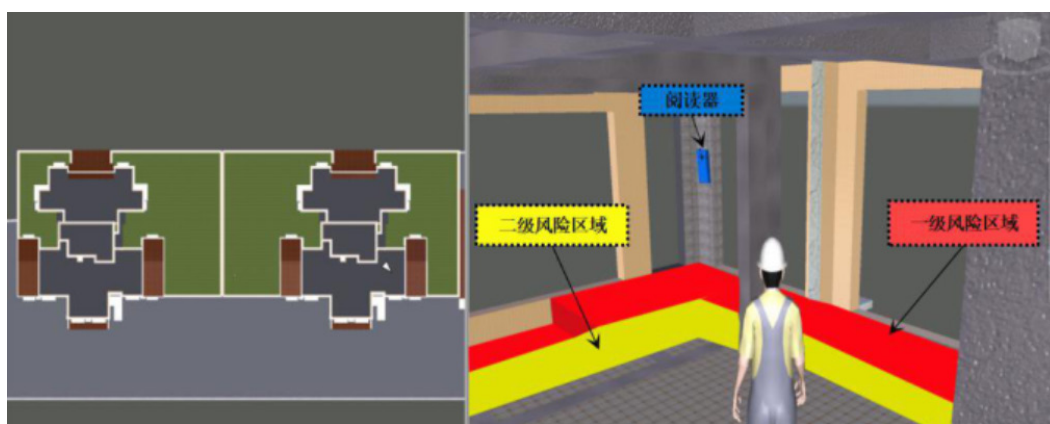


图 1 建筑施工安全管理中 BIM 技术的应用实例图

### （三）实施 AI 辅助的智能化安全检查与决策支持

AI（人工智能）技术拥有出色的图像识别和数据分析功能，当它被用于道路和桥梁工程的施工安全检查和决策支持时，可以大大提高安全管理的效率和准确度。施工现场中，布设若干高清摄像头并采用 AI 中图像识别技术对施工现场内人员行为，设备状况等实时监控。比

如可以鉴别施工人员正确戴安全帽和安全带以及有无违规操作装置等。某市道路施工工地上 AI 系统用摄像头监控到一工人不按要求戴安全帽的情况，随即报警并向现场管理人员发送相关消息，对不规范行为进行及时整改。AI 也可以解析施工设备运行数据。采集设备振动，温度和压力数据，并利用机器学习算法构建设备健康模型。

例如道路施工过程中经常使用的压路机等,对它们的振动数据进行分析,来判断压实效果合格与否,同时对设备可能发生的故障进行预测,并事先安排好维修工作。在安全决策支持上,AI集成了施工现场多种数据,主要有安全检查数据,气象数据和工程进度数据。利用大数据分析和智能算法对管理人员进行决策建议。如遇恶劣天气,AI系统会依据气象预报,施工现场地形条件及工程进度等因素分析和判断是否有必要停建及采取什么样的防护措施来协助管理人员进行科学的决策。

#### (四) 建立跨项目的安全知识图谱与经验共享平台

道路和桥梁工程施工安全管理也面临着许多类似的问题和挑战,构建跨项目安全知识图谱和经验共享平台有利于施工企业进行资源整合,提高企业整体安全管理水平。首先搜集了不同道路和桥梁项目安全管理数据,主要有安全事故案例,安全技术措施和的安全管理制度。以某一大型建筑公司为研究对象,对其在过去十年中的多个项目资料进行了深入的整理和分析。进而构建了安全知识图谱。利用知识图谱的方法,我们对收集到的数据进行了有组织的整理,从中提炼出关键的信息,例如事故的种类、起因、应对策略等,并确立了它们之间的联系。比如把高处坠落事故案例和有关安全防护措施以及人员培训要求联系在一起,构成有机知识网络。建立经验共享平台并通过网页或者APP等方式展示。平台开设了案例分享,技术交流,专家答疑等等不同版块。施工人员及管理人员可以通过平台交流本工程的安全管理经验和创新实践,同时还可以借鉴其他工程成功或失败的经验。以某桥水下基础施工工程为例,施工方遭遇钢围堰封底漏水事故,通过查找平台相似实例并参考其他工程治理措施,顺利解决问题。同时平台还经常邀请行业专家在线演讲和解答问题,为解决某些复杂安全问题给予专业的指导。施工企业通过这种跨项目知识共享和沟通,可以避免反复出错,迅速提高安全管理能力。

#### (五) 推行基于VR/AR的沉浸式安全培训与演练

传统安全培训和演练方式常出现参与度低,成效不显著的问题。利用虚拟现实和增强现实进行的沉浸式安全培训和模拟演练,为施工团队带来了更为真实和生动的学习环境,从而显著提高了培训的效果。安全培训中,采用VR技术建立虚拟施工现场场景。例如,仿真桥梁施工现场高空作业平台,隧道掘进掌子面场景。施工人员在穿戴VR设备时,就像置身在现实施工现场中一样,借助手柄和其他设备实现虚拟环境中的互动。比如在仿真的高空作业情景下,施工人员可以切身体会不系安全带的险情,而系统则提示了正确操作流程和 safety 注意事项。AR技术可以被用于实地操作的培训中。施工现场施工人员可以通过手机或者AR眼镜对设备或者施工部位进行扫

描得到相关操作指南和 safety 注意事项。如果运行混凝土搅拌机,则通过AR设备对该装置进行扫描,屏幕显示搅拌机内部结构,运行步骤动画和常见故障排除方法。在安全演练中,利用VR/AR技术对火灾,坍塌等多种安全事故的情景进行了仿真。在某道路施工项目的火灾演练中,通过VR技术营造逼真的火灾场景,包括烟雾、高温、火焰等,施工人员在虚拟环境中进行灭火、在疏散和其他作业中,该系统将对演练效果进行实时评价,并指出问题所在。通过此种沉浸式演练,施工人员可以较好地掌握应急处置技能和增强突发安全事故处理能力。



图2 利用VR技术加强安全教育培训和应急演练示例图

#### 结语

在道路与桥梁工程建设中强化安全管理既是提升工程质量以及施工效率的根本,又是社会效益以及可持续发展得以实现的重要保证。通过物联网,BIM, AI, VR/AR先进技术的应用,能够有效促进施工安全监测,风险评估及决策支持水平的提高,进而有效减少事故的发生,保障工程如期优质竣工。今后,不断优化施工安全管理模式和提高全生命周期安全管理能力将成为产业发展的主要趋势。

#### 参考文献

- [1] 蔡志瑞. 安全管理在道路桥梁工程施工监理中的应用[J]. 交通世界, 2021, (24): 159-160.
- [2] 王林琳. 加强市政道路与桥梁工程施工安全管理研究[J]. 运输经理世界, 2020, (17): 52-53.
- [3] 葛植海. 如何加强道路与桥梁工程施工的安全管理[J]. 居舍, 2020, (17): 126-127.
- [4] 牛洪生. 谈如何加强道路与桥梁工程施工的安全管理[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019, (33): 33.
- [5] 王志清. 道路与桥梁工程施工的安全管理分析[J]. 交通世界, 2019, (10): 164-165.

作者简介: 卢嫵(1984.08), 女, 汉族, 安徽省芜湖市无为市, 中级职称, 本科, 硕士, 研究方向: 交通工程施工与管理。