

道路桥梁施工风险管理与安全控制技术研究

田章全

四川省交通建设集团有限责任公司 四川 成都 610041

【摘要】：我国社会经济的迅速发展，使得交通运输需求日益提高，道路桥梁工程作为基础设施建设的核心部分，其施工规模不断扩大。然而，道路桥梁施工涉及多个专业领域和复杂技术，存在诸多风险隐患。如何有效管理施工风险，确保施工安全和质量，成为施工单位必须面对和解决的问题。本文简要分析了道路桥梁施工风险管理的意义，将从道路桥梁施工的风险管理和安全控制技术两个方面进行探讨，旨在为实际工程提供理论依据和实践指导。

【关键词】：道路桥梁施工；风险管理；安全控制技术；研究

DOI:10.12417/2811-0536.24.08.084

引言

随着交通基础设施建设的不断推进，道路桥梁工程作为连接城乡、促进经济发展的重要纽带，其施工风险管理日益受到重视。面对复杂多变的施工环境和多重潜在风险，相关部门要实施有效的风险管理策略，从而更好的确保工程安全、质量、进度与成本控制，为道路桥梁工程的安全施工提供有力保障。

1 道路桥梁施工风险管理的意义

1.1 保障施工安全

道路桥梁施工是一项复杂而危险的工作，涉及大量的高空作业、重型机械操作和复杂的施工环境。这些因素都增加了施工过程中的风险。通过有效的风险管理，可以对潜在的安全隐患进行识别、评估和控制，从而显著降低施工事故的发生概率。例如，对施工现场进行定期的安全检查，查找并处理安全隐患；对施工人员进行安全教育和培训，提高他们的安全意识和应急处理能力，从而有效保障施工人员的生命安全，减少施工事故的发生。

1.2 确保工程进度

道路桥梁施工往往受到天气、地质条件、设备故障等多种因素的影响，从而导致工程进度的延误。通过风险管理，可以对这些潜在的影响因素进行预测和规划，从而制定出合理的施工进度计划。同时，在施工过程中，通过实时的风险监控和控制，可以及时发现并解决影响工程进度的问题，确保工程可以按照预定的时间节点顺利进行。

1.3 保证工程质量

道路桥梁工程的质量直接关系到其使用寿命和安全性。在施工过程中，各种风险因素都可能对工程质量造成不良影响。例如，材料的质量问题、施工工艺的不当、设备的故障等都会导致工程质量下降。通过风险管理，可以对这些风险因素进行严格的控制和管理，确保施工过程中使用的材料、工艺和设备都符合相关标准和要求。同时，通过定期的质量检查和评估，可以及时发现并处理工程质量问题，确保道路桥梁工程的质量达到设计要求。

1.4 降低工程成本

道路桥梁施工是一项耗资巨大的工程，成本控制是项目管理的重要环节。通过风险管理，可以对施工过程中的各种风险因素进行有效的预测和控制，从而避免或减少因风险因素导致的额外成本支出。通过合理的保险规划，可以降低因施工事故导致的经济赔偿风险。同时，借助科学的施工组织和规划，可以减少因施工进度延误导致的违约金支出。此外，通过严格的质量控制和管理，还能避免因工程质量导致的返工和修复成本。

2 道路桥梁施工风险管理的有效策略

2.1 构建全周期动态风险评估体系

传统的风险管理往往侧重于施工阶段的静态分析，而道路桥梁工程的全寿命周期内，风险因素随着项目进展不断变化。因此，构建全周期动态风险评估体系显得尤为重要。这一体系需贯穿项目可行性研究、设计、施工、运营及养护等各个阶段，运用大数据、人工智能等技术手段，实时收集并分析各类风险数据，动态调整风险评估模型，确保风险识别的全面性和评估的准确性。通过全周期视角，可以更早的发现潜在风险，制定前瞻性应对措施，有效避免风险累积和放大。

2.2 强化多维度风险源识别与分类管理

道路桥梁施工风险源多样且复杂，包括技术难度、环境因素、人为失误、设备故障等多个方面。为提升风险管理的针对性和有效性，相关部门应强化多维度风险源的识别与分类管理。通过专家咨询、现场勘查、历史数据分析等多种方式，全面识别施工过程中的各类风险源，同时根据风险性质、影响程度和可控性等因素，将技术风险、环境风险、管理风险等风险源进行科学分类。然后，针对不同类别的风险源，制定差异化的管理策略和应对措施，实现风险管理的精细化和精准化。

2.3 推行智能化施工监控与预警系统

随着物联网、云计算等技术的快速发展，智能化施工监控与预警系统成为提升风险管理水平的重要手段。通过在施工现场部署各类传感器、摄像头等设备，实时采集应力变化、位移

监测、设备运行状态等施工数据，结合智能算法进行数据分析与预测，及时发现并预警潜在风险。同时，系统可自动生成风险报告，为管理人员提供决策支持。智能化施工监控与预警系统的应用，不仅提高了风险识别的效率和准确性，还实现了风险管理的自动化和智能化，有效降低了人为因素导致的风险。

2.4 实施基于供应链的协同风险管理

道路桥梁工程涉及设计单位、施工单位、监理单位、材料供应商等众多参与方，形成了一个复杂的供应链网络。在这个网络中，任何一个环节的失误都可能对整个工程造成严重影响。因此，实施基于供应链的协同风险管理策略至关重要。相关部门要明确各参与方的责任与义务，建立信息共享机制，确保风险信息的及时传递与沟通。同时，加强供应链上下游企业之间的合作与协调，共同制定风险应对措施，形成风险共担、利益共享的风险管理共同体。此外，还要对材料采购、设备租赁、施工分包等供应链中的关键节点进行重点监控和管理，从而确保供应链的稳定性和可靠性。

2.5 推广绿色施工与可持续发展理念

在当前全球气候变化的背景下，绿色施工与可持续发展理念已成为道路桥梁工程的重要趋势。将这一理念融入风险管理之中，不仅可以降低施工过程中的环境风险，还能提升工程的社会效益和经济效益。相关部门要制定绿色施工方案，采用环保材料、节能设备和先进施工技术，减少施工过程中的能源消耗和污染物排放。并在加强施工现场环境管理的基础上，实施垃圾分类、废水处理等措施，保护周边生态环境。最后，还要注重工程的长期效益和社会效益，通过优化设计、提高施工质量等方式，延长工程使用寿命，减少后期维护成本和社会负担。

3 道路桥梁施工风险管理中安全控制技术的应用策略

3.1 智能化监控系统的引入

智能化监控系统通过集成高清摄像头、传感器、物联网等技术，实现对施工现场的全方位、实时监控。系统可以自动识别异常行为、环境变化等潜在风险因素，并即时发出预警，为安全管理提供数据支持。例如：在G109线陡城黄河特大桥钢栈桥施工项目中，甘肃省交通科学研究院集团有限公司“项飞创新工作室”自主研发的桥梁结构安全智慧监测系统，并对其进行引入。该桥梁结构安全智慧监测系统融合了物联网、云计算等新技术，搭载了表面应变计、振弦采集仪、水位计等自研产品，通过无人值守远程监测平台，实时监测桥梁在各种环境下的运行状态，可采集桥梁倾角、挠度、应力、变形等关键参数，构建了集实时监测、智能分析、安全预警等为一体的智慧监测体系。不仅覆盖了施工现场的各个角落，还针对高空作业区、基坑开挖区等重点区域进行了加密监控。当系统检测到基坑边缘土壤有松动迹象，会立即发出预警信号。安全管理人员

可以迅速响应，组织人员撤离并加固基坑支护结构，有效避免潜在的坍塌事故。

3.2 虚拟现实（VR）技术用于安全培训

虚拟现实技术能够模拟真实的施工环境，让施工人员在不实际进入现场的情况下进行安全操作练习和事故应急演练。这种培训方式既安全又高效，能够显著提升施工人员的安全意识和应急处理能力。例如：山东省公路桥梁建设集团有限公司在安全培训中引入了VR技术。他们开发了专门的施工安全培训软件，模拟了高空坠落、触电、火灾等多种施工场景。新员工在佩戴VR头盔后，仿佛置身于真实的施工环境中，通过模拟操作学习正确的安全规程和应急措施。这种沉浸式的培训方式极大地提高了员工的学习兴趣和参与度，培训效果显著提升。

3.3 大数据分析在风险评估中的应用

利用大数据分析技术对施工过程中的海量数据进行挖掘和分析，可以识别出潜在的风险因素和规律，为风险评估提供更加科学、准确的依据。例如：在秦皇岛市辖区内5座重要干线公路桥梁项目，即国道京抚线（G102）瓷厂桥（上行）、省道沿海公路（S364）山东堡立交桥、赤土山大桥（上行）、赤土山大桥（下行）、狼牙山桥（下行）中，施工单位与科研机构合作，建立了基于大数据的风险评估系统，完成桥梁技术性监测预警系统的安装。系统收集了近年来类似桥梁施工项目的历史数据，包括地质条件、气候条件、施工工艺等。通过对这些数据进行深度分析，系统成功预测了该项目在施工过程中可能遇到的风险点，如特定地质条件下的桩基施工难度、高温天气对混凝土浇筑质量的影响等。施工单位根据评估结果提前制定了针对性的防范措施，有效降低了施工风险。

3.4 无人机巡检技术的应用

无人机巡检技术利用无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备，对施工现场进行快速、全面的巡查。这种技术尤其适用于地形复杂、难以到达的区域，可以及时发现并处理安全隐患。例如：在贵州高速集团所属贵州黔通工程技术有限公司在安顺市关岭布依族苗族自治县境内的坝陵河大桥开展无人机检测中，由于地形险峻，传统的人工巡检方式难以全面覆盖施工现场。施工单位引入了无人机巡检技术，每天对桥梁主体结构、临时支撑体系等进行巡查。有一次巡查中，无人机在桥墩顶部发现了一处细微的裂缝，立即将图像传输至地面控制中心。安全管理人员随即组织专业团队进行现场核查和修复，防止了裂缝进一步扩大对桥梁结构安全造成影响。

3.5 智能穿戴设备的应用

智能穿戴设备如智能安全帽、智能手环等，能够实时监测施工人员的生理指标、位置信息和工作状态，为安全管理提供实时数据支持。一旦发现异常情况，设备会立即发出预警信号，提醒施工人员和管理人员采取相应措施。例如：在广西高架桥

施工项目中，施工单位为每位高空作业人员配备了智能安全帽。“智慧安全帽”不仅是一款安全防护用品，更是集网络传输、照明、拍照、视频录制、实时定位、语音对讲、视频通话、SOS 报警等多种功能于一体的执法记录仪。同时，安全帽内置了传感器和通讯模块，可以实时监测作业人员的心率、血压等生理指标以及位置信息。一次作业中，一名工人的心率突然升高并持续不减，智能安全帽立即发出预警信号并通知地面控制中心。安全管理人员迅速联系该工人并了解其身体状况，发现是由于过度劳累导致的身体不适。随后，工人被及时替换下来休息并接受了医疗检查，有效避免了因身体不适引发的高空坠落事故。

3.6 模块化风险评估体系的构建

模块化风险评估体系将复杂的施工风险评估过程分解为若干个相对独立的模块，每个模块针对特定的风险因素或施工环节进行评估。通过模块化的方式，可以更加灵活、高效地开展风险评估工作，并便于对评估结果进行整合和分析。例如：在某跨江大桥施工项目中，施工单位构建了模块化风险评估体系。他们将整个施工过程划分为地质勘探、基础施工、上部结构施工等多个模块，并针对每个模块制定了详细的评估标准和流程。在基础施工阶段，评估团队重点关注了桩基成孔质量、混凝土浇筑强度等风险因素。在上部结构施工阶段，则重点关注了钢箱梁吊装精度、焊接质量等风险因素。通过模块化评估

体系的实施，施工单位能够更加精准地识别出潜在的风险点并采取有效的防范措施。

3.7 基于区块链技术的安全信息管理平台

区块链技术以其去中心化、不可篡改的特点，为施工安全管理提供了全新的解决方案。通过构建基于区块链的安全信息管理平台，可以实现施工安全数据的透明化、可追溯化管理，提高安全管理效率和公信力。例如：在某国际合作的桥梁施工项目中，由于涉及多个国家和地区的施工单位和监管机构，施工安全信息的共享和管理成为了一大难题。为此，项目方引入了基于区块链的安全信息管理平台。平台将施工安全数据如隐患排查记录、整改通知单、安全培训记录等上传至区块链网络，确保数据的真实性和完整性。同时，各参与方可以通过授权访问平台上的数据资源，实现信息的实时共享和协同管理。这种管理方式不仅提高了安全管理效率，还增强了各方之间的信任和合作意愿，为项目的顺利实施提供了有力保障。

总而言之，道路桥梁施工风险管理在保障施工安全、确保工程进度、保证工程质量等方面都具有重要意义。通过有效的风险管理措施，可以显著提高道路桥梁工程的建设水平和管理效益，为人民群众提供更加安全、便捷、高效的交通基础设施。因此，在道路桥梁施工过程中，相关部门应高度重视风险管理工作，不断完善风险管理机制和方法体系，进而为工程的顺利实施和长期运营提供有力保障。

参考文献：

- [1] 刘璐.道路桥梁施工质量控制与安全管理应用研究[J].散装水泥,2024,(01):193-195.
- [2] 杨鹏鹏.道路桥梁工程施工质量控制与安全风险管理[J].运输经理世界,2024,(05):127-129.
- [3] 李宝琼,尚焌膈.道路桥梁施工安全控制技术与安全管理[J].黑龙江交通科技,2023,46(09):168-170.
- [4] 吕文.道路桥梁施工安全控制技术与安全管理[J].交通世界,2020,(10):114-115.
- [5] 李新.浅议风险管理与控制在上跨铁路既有线架设桥梁施工安全中的应用[J].绿色环保建材,2019,(03):91-92.