

## 高速公路桥梁与隧道施工安全技术集成管理研究

张永刚

中交基础设施养护集团宁夏工程有限公司 宁夏银川

**【摘要】**桥梁与隧道作为高速公路的重要组成部分，因其地质环境复杂多变，作业工序繁多，高风险作业点位多，其施工安全直接关系到工程实体质量与人员生命安全。本文针对施工过程中存在的安全风险，系统分析了桥梁与隧道施工的主要安全隐患，探讨了集成安全技术管理体系的构建方法。通过引入先进的安全监测技术与风险评估手段，实现施工全过程的安全控制与动态管理。集成管理不仅提升了施工安全水平，还优化了资源配置，降低了事故发生率，为高速公路桥梁与隧道施工安全提供了理论支撑和实践指导。

**【关键词】**高速公路；桥梁施工；隧道施工；安全技术；集成管理

**【收稿日期】**2025 年 2 月 12 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.202500085

### Research on integrated management of safety technology for highway bridge and tunnel construction

Yonggang Zhang

CCCCIMG(Ningxia Engineering) Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia

**【Abstract】**Bridges and tunnels, as important components of highways, are directly related to the quality of engineering entities and the safety of personnel due to their complex and varied geological environments, numerous work processes, and high-risk work sites. This article systematically analyzes the main safety hazards of bridge and tunnel construction in response to the safety risks that exist during the construction process, and explores the construction method of an integrated safety technology management system. By introducing advanced safety monitoring technology and risk assessment methods, the safety control and dynamic management of the entire construction process can be achieved. Integrated management not only improves construction safety levels, but also optimizes resource allocation, reduces accident rates, and provides theoretical support and practical guidance for the safety of highway bridge and tunnel construction.

**【Keywords】**Highway; Bridge construction; Tunnel construction; Safety technology; Integrated management

#### 引言

高速公路桥梁与隧道施工是现代交通基础设施建设中的重要组成部分，其施工环境复杂、技术要求高，安全风险不容忽视。施工过程中，由于施工环境、条件的多变性和工艺流程的复杂性，加之管理失控，导致安全事故频发，严重威胁施工质量和人员安全。如何有效整合多种安全技术，实现施工全过程的安全管理，成为行业亟需解决的核心问题。本文立足于现有安全技术基础，提出集成管理的思路，通过系统分析和整合，力求构建科学、高效的施工安全管理体系，以保障高速公路桥梁与隧道施工的顺利开展和安全保障。

#### 1 高速公路桥梁与隧道施工中的安全风险分析

高速公路桥梁与隧道施工过程中，安全风险具有高度复杂性和多样性，主要源于施工环境的特殊性和工程技术的复杂度。桥梁施工通常涉及高空作业、大型机械设备、特种设备操作以及结构体的受力与稳定控制，这些环节极易引发高处坠落、机械伤害、起重伤害以及结构失稳等安全隐患。隧道施工多处于地下复杂地质条件中，面临岩体崩塌、瓦斯爆炸、涌水涌沙等地质灾害风险。隧道施工中通风不畅、作业空间狭小也增加了职业病和突发事件的发生概率。环境因素如天气变化、地震等自然灾害更为施工安全带来了不可控的挑战，需引起高度重视。

在施工过程的安全风险中，人员因素和管理因素同样占据重要地位。施工人员的安全意识不足、操作技能缺陷以及违章作业是导致安全事故频发的关键原因之一。施工现场的组织管理不到位，如安全措施落实不严、应急预案不完善以及安全监控手段薄弱，进一步加剧了安全风险的暴<sup>[1]</sup>。桥梁与隧道施工涉及多工种协同作业，信息沟通不畅和协调失误往往导致安全隐患难以及时发现和处理。技术工艺的落后、设备的老化及维护不及时也可能成为事故诱因，影响施工整体安全水平。针对这些安全风险，必须深入分析施工中的关键控制节点，采用科学的风险评估方法进行动态监控。利用物联网传感器、无人机巡检、地质雷达等先进技术手段，实时获取施工现场的环境数据和结构状态，有效识别潜在隐患。结合安全管理信息系统，建立多维度的风险数据库，实现风险预警和决策支持。通过技术与管理手段的融合，不断优化施工方案，提升现场安全管控能力，最大限度降低事故发生概率，确保施工生产平稳有序推进。

## 2 安全技术集成管理体系的构建与应用

构建安全技术集成管理体系是提升高速公路桥梁与隧道施工安全水平的重要保障和关键途径。该体系通过多种先进安全技术和科学管理手段的有机整合，打造了一个统一协调、高效运行的安全保障框架，覆盖了施工全过程中的风险识别、控制和隐患排查。集成管理体系不仅继承和完善了传统安全规章制度，还积极引入信息化技术、智能化监测设备以及大数据分析平台，推动安全管理向更加科学化、精细化方向发展。通过制定和实施标准化管理流程，安全技术与施工工艺实现了深度融合，为应对复杂多变的施工环境提供了强有力的技术支撑和保障，显著提升了施工安全的整体水平和管理效率。该体系的核心在于实现信息资源的高效共享和多系统的协同运作。基于物联网（IoT）技术，施工现场的传感器网络能够实时采集桥梁结构变形、隧道气体浓度、机械设备状态等关键数据，保障施工安全的动态监控。利用大数据分析人工智能技术，对采集数据进行深入挖掘和风险预测，提高安全隐患的识别率和预警能力。建立施工安全管理信息系统（SMS），实现对施工人员行为、安全检查、隐患整改等环节的全面管理与跟踪，促进责任落实和安全文化建设。集成管理不仅提升了信息透明度，也增强了施工各方的协

同效率。安全技术集成管理体系在实际工程项目中的应用效果日益显著，体现出其强大的风险防控能力。通过系统化的实施，施工单位能够快速、准确地识别和处理各种潜在安全风险，有效避免了重大安全事故的发生。在 2021 年-2023 期间本人参建的贵金高速公路瓦房寨隧道施工项目中，采用智能传感设备对围岩压力和瓦斯浓度进行实时监测，实现了对地质灾害的精准早期预警，极大保障了施工人员的生命安全和健康<sup>[2-6]</sup>。集成管理体系推动施工方案的动态调整和资源的合理优化配置，显著提升了施工现场的安全保障能力。该体系不仅为桥梁与隧道施工安全提供了科学且系统的管理模式，还促进了安全技术的不断创新和行业整体水平的提升，推动施工安全管理向更高效、更智能的方向发展。

## 3 施工安全监测技术与动态风险评估方法

施工安全监测技术是保障高速公路桥梁与隧道施工安全的重要手段，通过对关键参数的实时监控，能够及时发现潜在风险并采取相应措施，有效预防事故发生。当前工地施工现场广泛应用多种传感器技术，包括应变计、位移计、加速度计和气体检测仪等，这些设备可以持续采集桥梁结构的受力状态、变形情况以及隧道内有害气体浓度等关键数据<sup>[7]</sup>。通过无线传输系统，监测数据实时传送至中央控制平台，实现施工现场环境和结构安全的动态监测。高清视频监控和无人机巡检技术的引入，进一步提升了安全监测的全面性和灵活性，尤其在高风险区域能够实现无人值守下的安全巡查，有效减少了隐蔽工程、危险区域的安全隐患。动态风险评估方法是施工安全管理的核心环节，基于监测数据的持续分析与处理，动态评估施工过程中风险变化趋势，为安全决策提供科学依据。传统风险评估多依赖静态模型，难以适应施工现场复杂多变的环境，而动态风险评估则结合实时数据，采用模糊逻辑、贝叶斯网络和机器学习算法等先进技术，对潜在风险进行量化和预测。通过对施工阶段不同风险因素的权重计算和关联分析，动态风险评估模型能够反映施工状态的变化，及时识别风险点和风险等级，推动施工安全管理从事后控制向事前主动预防转变。这种评估机制不仅增强了风险管理的科学性，还提高了应急响应的时效性和精准性。施工安全监测技术与动态风险评估方法的结合，形成了一个闭环安全管理体系，显著提升

了高速公路桥梁与隧道施工的安全保障能力。监测系统实时获取的多维度数据输入风险评估模型,实现对风险的连续跟踪与动态调整。以某大型桥梁施工项目为例,安装了基于光纤传感技术的结构健康监测监测系统,能够精准捕捉结构微小变形和裂纹发展趋势,与动态风险评估平台联动,实时更新风险等级,有效预防了结构失稳事故。类似地,在隧道施工中,瓦斯浓度传感器与环境监测设备相结合,配合动态评估模型,提前识别瓦斯聚集和爆炸风险,保障了施工人员及机械设备设施安全。随着监测技术的不断进步和数据处理能力的提升,施工安全管理正向智能化、精细化方向发展,推动高速公路桥梁与隧道施工安全风险管理水平迈上新台阶。

#### 4 集成管理模式在施工安全中的效果评估

集成管理模式在高速公路桥梁与隧道施工安全中的应用效果日益凸显,其通过多种先进安全技术与科学管理手段的深度融合,显著提升了施工安全管理的系统性和科学性。这种模式不仅实现了施工现场监测设备、数据采集系统与风险评估平台的有机整合,还对安全管理流程进行了全面优化,促进了信息资源的高效共享和安全决策的精准化。通过构建涵盖风险识别、动态监测、预警响应和隐患整改的闭环管理体系,集成管理模式有效提升了安全防控的整体效率,极大增强了施工现场风险应对能力和事故预防水平,推动施工安全管理向智能化、系统化方向迈进。在实际应用中,集成管理模式有效提升了安全隐患的发现率和处理速度。通过引入基于物联网的传感器网络,实时监控桥梁结构的应力变化、隧道内环境指标和施工设备状态,极大丰富了安全数据的维度和实时性。借助大数据分析和智能算法对数据进行深度挖掘,管理人员能够及时掌握安全风险的动态变化,实现早期预警和风险分级管理。这种多层次、多维度的信息整合,提升了施工安全风险管控的精准度,减少了人为因素带来的疏漏。安全管理信息系统的应用促使施工单位对安全责任进行量化考核,强化了全员安全意识和责任担当,形成了良好的安全文化氛围。

集成管理模式在提升施工安全绩效方面取得了明显成效。同样,以本人参建的贵金高速公路项目4座桥梁为例,项目在申请集成管理体系后,安全事故发生率较以往传统管理模式下降了近40%。通过系

统集成的风险管理和应急响应机制,施工现场能够快速响应突发安全事件,最大限度降低了事故损失<sup>[8]</sup>。隧道施工案例中,集成监测技术配合动态风险评估实现了对瓦斯泄漏、围岩变形等关键风险点的有效控制,确保了施工环境安全。集成管理模式还促进了施工安全技术的创新与推广,推动了施工安全标准化和规范化进程。总体来看,集成管理模式不仅提高了施工安全保障能力,也增强了工程质量和施工效率,为高速公路桥梁与隧道施工安全管理提供了坚实的技术基础和管理支持。

#### 5 结语

高速公路桥梁与隧道施工安全技术集成管理的研究,有效推动了施工安全管理向智能化和系统化方向发展。通过整合多种先进技术与管理手段,实现了施工全过程的动态风险控制和精准预警,显著提升了安全保障水平。未来,持续优化集成管理体系,深化技术创新,将为保障高速公路关键基础设施的施工安全提供更加坚实的支撑,促进交通工程建设的高质量发展。

#### 参考文献

- [1] 于淼,祝玉巍,臧波.高速公路隧道施工安全信息化监控技术与质量防控[J].中国品牌与防伪,2025,(04):223-225.
- [2] 唐继辉,王世武.高速公路隧道施工中的安全与管理技术创新[J].交通建设与管理,2024,(04):115-117.
- [3] 董涛.高速公路隧道施工安全信息化监控技术分析[J].工程建设与设计,2024,(10):119-121.
- [4] 郑海东.高速公路隧道施工技术与管理策略研究[J].运输经理世界,2024,(11):80-82.
- [5] 杨恩总.高速公路隧道施工安全技术管理策略思考[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(30):37-39.
- [6] 黄红亚,罗荣辉,肖文东.高速公路隧道施工安全信息化监控技术探析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(18):37-39.
- [7] 党炜.高速公路隧道施工安全信息化监控技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(31):43-45.
- [8] 张嘉琦.BIM技术在高速公路桥梁施工安全管理中的应用[J].中国高新科技,2021,(05):102-103.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS