Research on Safety Management and Risk Prevention Measures in Highway and Bridge Construction

Peijian Wang

Shanxi Provincial Expressway Comprehensive Administrative Law Enforcement Corps, Taiyuan, Shanxi, 030006, China

Abstract

Against the backdrop of the continuous expansion of transportation infrastructure construction scale and the increasing complexity of engineering technology, safety issues in highway bridge construction are becoming increasingly prominent. Bridge engineering generally has the characteristics of long construction period, complex working environment, and frequent high-altitude operations. The types of safety risks are diverse and the evolution process is hidden. Once the management is out of control, it is extremely easy to cause mass casualties, which seriously affects public safety and social stability. Based on this, this study believes that by constructing a construction safety management system with risk pre control as the core, strengthening dynamic control and multi-party collaborative governance throughout the entire process, the probability of bridge construction accidents can be effectively reduced, and the safety level of engineering construction can be improved.

Keywords

highway bridges; construction safety; risk prevention and control; safety management; engineering management

公路桥梁施工安全管理与风险防控措施研究

王培剑

山西省高速公路综合行政执法总队，中国·山西 太原 030006

摘　要

在交通基础设施建设规模持续扩大与工程技术复杂程度不断提升的背景下，公路桥梁施工安全问题日益凸显。桥梁工程普遍具有施工周期长、作业环境复杂、高空作业频繁等特点，安全风险类型多样且演化过程隐蔽，一旦管理失控，极易引发群死群伤事故，对公共安全和社会稳定造成严重影响。基于此，本研究认为，通过构建以风险预控为核心的施工安全管理体系，强化全过程动态管控与多主体协同治理，可有效降低桥梁施工事故发生概率，提升工程建设安全水平。

关键词

公路桥梁；施工安全；风险防控；安全管理；工程管理

1 引言

随着我国综合交通运输体系不断完善，公路桥梁工程在区域互联互通和经济社会发展中的基础性作用愈加凸显。近年来，特大型桥梁、复杂结构桥梁以及跨江跨海桥梁项目不断增多，施工技术难度和组织复杂性显著提升，与此同时，桥梁施工安全风险也呈现出类型多样化、诱因复合化和后果严重化的特点。实践表明，桥梁施工事故往往并非单一因素所致，而是由技术缺陷、管理失效与人员行为偏差等多种因素耦合引发，其防控难度明显高于一般房建或道路工程。因此，有必要从工程管理视角出发，对公路桥梁施工安全风险进行系统梳理，并在此基础上构建具有工程可操作性的风险防控措施体系，以期为桥梁工程安全管理实践提供理论支撑与方法借鉴。

【作者简介】王培剑（1985–），男，中国山西太原人，本科，高级工程师，从事高速公路施工质量安全监督管理研究。

2 公路桥梁施工安全风险特征与主要来源分析

2.1 公路桥梁施工安全风险的整体特征

公路桥梁施工安全风险具有显著的系统性、动态性与高危性特征，其风险生成和演化贯穿于工程建设全过程。与一般道路工程相比，桥梁施工往往涉及高空作业、深基础施工、大型构件吊装及复杂临时结构体系，施工阶段结构长期处于非成型或非完全受力状态，安全稳定性对施工工序和操作精度高度敏感。这一特性决定了桥梁施工安全风险并非孤立存在，而是由结构条件、施工方法与外部环境共同作用形成的复杂系统风险。

从时间维度看，桥梁施工安全风险呈现出明显的阶段性差异。在基础施工、高墩施工和上部结构安装等关键阶段，作业高度和施工荷载持续变化，风险水平显著高于其他工序。同时，施工环境的不确定性进一步放大了风险演化的不

稳定性，如水文条件变化、气象因素干扰以及临近既有交通设施施工等，均可能对施工安全产生叠加影响。从空间维度看，桥梁工程作业面分散且立体交叉明显，不同工序之间相互制约、相互影响，一旦局部环节发生失控，极易引发连锁反应，导致事故后果迅速扩大。因此，桥梁施工安全风险往往具有隐蔽性强、突发性高和事故后果严重等特点，对安全管理的前瞻性和系统性提出了更高要求。

2.2 公路桥梁施工安全风险的主要来源分析

在实际工程中，公路桥梁施工安全风险主要来源于技术因素、管理因素和人员行为因素的综合作用。首先，技术风险是桥梁施工安全的重要诱因之一。部分项目在施工方案编制阶段对复杂工况考虑不足，对关键工序的受力状态、施工顺序和临时结构稳定性分析不够深入，导致施工过程中存在潜在结构失稳风险。此外，施工设备选型不合理、支架和模板体系设计不规范，也可能在荷载变化过程中引发安全事故。

管理因素在桥梁施工安全风险形成中同样占据重要地位。桥梁工程参建单位多、管理链条长，若安全责任划分不清或协调机制不完善，极易形成管理盲区。一些项目在进度压力和成本约束下，对安全管理的重视程度不足，安全制度执行流于形式，隐患排查和整改缺乏闭环管理，导致风险长期积累而未被有效控制。人员行为因素是桥梁施工安全风险的重要触发条件。作业人员安全意识不足、违规操作以及对复杂施工环境适应能力不足，均可能直接诱发事故发生。尤其在高空作业和起重作业中，个体操作失误往往会迅速转化为严重安全事故。上述多类风险因素相互叠加、相互强化，使得桥梁施工安全问题具有明显的复合性特征，必须通过系统化管理手段加以防控。

3 公路桥梁施工安全管理中的现实问题分析

3.1 安全管理前移不足与风险预控机制薄弱

从当前公路桥梁工程建设实践看，施工安全管理仍然以事中控制和事后整改为主，风险管理前移不足的问题较为突出。在项目策划和施工组织设计阶段，部分工程对安全管理的重视程度明显低于质量和进度控制，安全风险识别往往停留在规范性审查层面，缺乏结合具体工程条件开展系统分析，导致高风险作业环节在进入施工阶段后才逐步暴露。

在实际施工过程中，安全管理更多依赖经验判断和现场巡查，风险预警和动态评估机制尚未健全。当施工条件发生变化，如施工工序调整、作业环境改变或气候条件异常时，安全管理措施难以及时同步更新，致使原有控制手段与实际风险水平不匹配。这种“被动应对”的管理模式，使得隐患在较长时间内处于不可控状态，增加了事故发生的可能性。

此外，一些项目虽在制度层面提出了风险分级管控和隐患排查要求，但在执行过程中缺乏统一的技术标准和操作流程，风险识别结果难以转化为具体管理措施，风险预控机制未能真正发挥应有作用。

3.2 安全管理执行力不足与多主体协同失效

安全管理制度执行力不足是制约桥梁施工安全水平提升的另一关键问题。在多参建主体共同参与的桥梁工程中，安全管理职责虽然在合同和制度文件中有所规定，但在实际运行中仍存在责任边界模糊、管理衔接不畅的现象。施工单位、监理单位与建设单位在安全管理中的信息传递不够顺畅，部分安全问题在不同管理层级之间反复流转，未能形成高效的闭环管理 [1-2]。

部分项目在安全投入和人员配置方面存在不足，安全管理岗位设置形式化，现场安全管理人员数量和专业能力与工程复杂程度不匹配，难以对高风险作业实施有效监管。在进度压力较大的情况下，安全管理往往被让位于施工进度控制，违规操作和简化流程现象时有发生，削弱了安全管理制度的约束效力。

此外，施工技术管理与安全管理之间协同不足的问题较为普遍。施工技术方案在制定过程中，往往侧重结构受力和施工效率，对施工过程中的动态安全风险考虑不充分，安全管理措施未能同步嵌入关键工序决策环节，导致技术方案在实施阶段存在安全保障不足的情况。这种管理分割状态，使得安全管理难以真正融入桥梁施工全过程。

4 公路桥梁施工安全管理与风险防控措施研究

4.1 基于风险预控的施工安全管理体系构建

针对公路桥梁施工安全风险前移不足的问题，应从管理理念和制度体系层面入手，构建以风险预控为核心的施工安全管理体系 [3]。在项目策划和施工准备阶段，应将安全风险分析作为施工组织设计的重要组成部分，与进度、质量和成本控制同步开展。通过系统梳理桥梁结构特征、施工环境条件及关键工序特点，对高空作业、大型构件吊装、临时结构搭设等高风险环节进行针对性识别，明确风险等级和控制重点，为后续施工安全管理提供科学依据。

在施工实施阶段，应强化安全风险的动态管理，避免安全管理措施“一次制定、长期适用”的静态模式。随着施工工序转换和作业条件变化，及时对安全风险进行再评估，并同步调整控制措施，确保安全管理与施工实际保持一致。同时，应将风险管控要求细化落实到具体工序和作业环节，通过技术交底、安全交底等方式，使一线作业人员明确风险点和控制要求，提升风险预控措施的落地效果。

此外，应通过制度化手段推动风险管控责任的层层落实。将安全风险控制目标分解到项目管理层和作业层，明确各级管理人员在风险识别、隐患排查和整改落实中的职责，形成责任清晰、运行有序的风险预控管理链条，从制度层面保障施工安全管理体系的有效运行。为避免施工安全管理停留在静态制度层面，有必要构建以风险预控为核心的全

过程安全管理体系，将风险识别、风险评估、措施落实、过程监测与应急处置有机衔接，形成动态循环的管理机制。基于上述思路，本文构建了公路桥梁施工安全风险防控闭环管理模型，如图 1 所示。

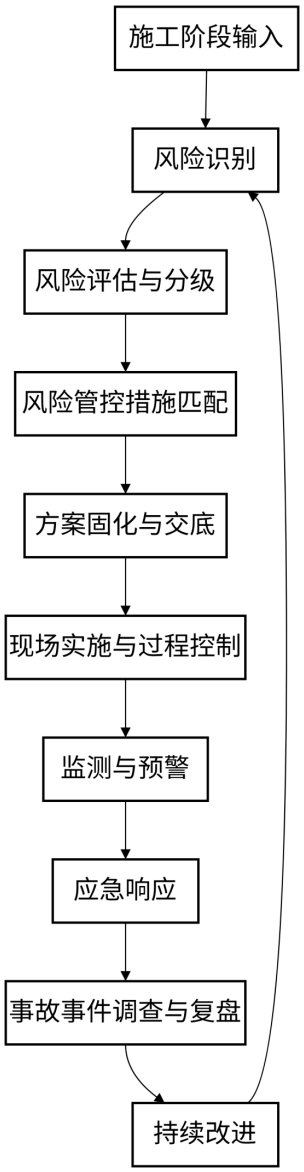


图 1 公路桥梁施工安全风险防控闭环管理模型

4.2 强化技术支撑与过程管控的综合防控措施

在公路桥梁施工安全管理中，风险防控效果在很大程度上取决于技术措施与管理措施的协同水平。因此，有必要将安全管理深度嵌入施工技术决策和现场管理过程之中[4]。在施工方案编制阶段，应同步开展安全技术论证，对关键施工工艺、临时结构受力状态和施工顺序进行系统分析，确保技术方案在满足结构安全和施工效率要求的同时，具备充分的安全保障条件。

在施工过程中，应加强对关键工序和重点部位的过程管控，通过规范化的施工流程和标准化操作要求，减少人为操作偏差对安全的不利影响。对支架体系、模板系统和起重设备等关键设施，应严格执行检查验收制度，确保其在整个使用周期内处于安全可控状态。通过引入信息化监测手段，对结构变形、设备运行状态和环境条件进行实时监测，可有效提升安全风险的预警能力，为管理决策提供数据支撑。实践中应高度重视人员安全管理在风险防控中的基础性作用。通过持续开展安全教育培训和岗位技能提升，使作业人员充分认识桥梁施工的高风险特性，增强安全操作意识和自我防护能力。对特种作业人员，应严格落实持证上岗和岗位责任制，避免因人员能力不足引发安全事故 [5]。

在此基础上，还应完善施工安全应急管理机制，针对桥梁施工中可能出现的高风险情形，制定具有针对性的应急预案，并通过定期演练检验预案的可操作性和有效性。一旦发生突发事件，能够迅速启动应急响应，减少事故损失，防止风险进一步扩散。实践中需建立跨部门的应急联动机制，加强与当地应急管理部门、消防救援队伍、医疗机构等外部力量的协同配合，明确应急响应流程中的职责分工与信息传递路径，确保在事故发生时能实现资源快速调配与高效救援。此外，应急物资的储备与管理也至关重要，应根据桥梁施工的风险特点，针对性储备救生设备、医疗急救用品、应急照明器材等物资，并定期检查更新，保证其在紧急情况下的可用性。通过技术支撑、过程管控、人员管理与应急机制的有机结合，形成全方位、多层次的施工安全风险防控体系，切实保障公路桥梁施工的安全稳定推进。

5 结语

公路桥梁施工安全管理是一项系统性、长期性的工程，其成效取决于风险识别的前瞻性、管理制度的执行力以及技术与管理的协同水平。本文通过对桥梁施工安全风险特征与主要问题的系统分析，提出了以风险预控为核心的安全管理与防控措施，为提升桥梁工程施工安全水平提供了可行路径。未来，随着桥梁工程规模和技术复杂程度的进一步提升，有必要持续推进安全管理理念创新与技术手段应用，不断完善施工安全风险防控体系，以实现公路桥梁工程建设安全、质量与效益的协同提升。

参考文献

[1] 赵记广. 山区高速公路高墩大跨桥梁施工安全风险防控研究[J]. 价值工程,2026,45(03):52-54.

[2] 叶文宇. 基于FAHP-指标体系法的桥梁施工复工复产安全评估[J].建筑安全,2025,40(12):74-79.

[3] 周若星. 高速公路桥梁施工中的地基处理技术[J].时代汽车,2025,(24):153-155.

[4] 张志文.高速公路桥梁施工技术与安全管理研究[C]//广西大学广西县域经济发展研究院.2025年第五届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流会论文集.惠州交投公路建设有限公司;,2025:123-124.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.087188.

[5] 施雨捷. 公路桥梁隧道施工安全风险评估与管控措施研究[J].汽车周刊,2025,(12):157-159.