

# 公路桥梁施工过程中的安全风险识别及双重预防机制的分析

王建光

云南汇久建设工程有限公司, 中国·云南 红河 661100

**摘要:** 在公路桥梁建设规模持续扩大与技术复杂度日益提升的背景下, 施工过程中的安全风险防控已成为保障工程顺利推进与人员生命安全的核心议题。公路桥梁施工具有作业环境复杂、工艺环节多样、风险因素动态变化等特点, 使得系统性安全风险识别与高效预防机制的构建尤为迫切。双重预防机制通过将安全风险分级管控与隐患排查治理有机结合, 为实现施工安全的源头治理与过程精准防控提供了科学框架。本文旨在系统剖析公路桥梁施工全周期中主要安全风险的识别方法与关键风险点, 并深入探讨双重预防机制在施工安全管理中的理论架构、实施路径与协同运作模式, 以期提升公路桥梁施工本质安全水平提供理论参考与实践指引。

**关键词:** 公路桥梁; 施工; 安全风险; 预防机制

## Analysis of Safety Risk Identification and Dual Prevention Mechanism in the Construction Process of Highway Bridges

Wang Jianguang

Yunnan Huijiu Construction Engineering Co., Ltd., China Yunnan Honghe 661100

**Abstract:** Against the backdrop of the continuous expansion of highway bridge construction scale and increasing technological complexity, safety risk prevention and control during the construction process has become a core issue to ensure the smooth progress of the project and the safety of personnel life. The construction of highway bridges has the characteristics of complex working environment, diverse process links, and dynamic changes in risk factors, making the construction of systematic safety risk identification and efficient prevention mechanisms particularly urgent. The dual prevention mechanism provides a scientific framework for achieving precise prevention and control of construction safety at the source and in the process by organically combining safety risk classification control with hidden danger investigation and management. This article aims to systematically analyze the identification methods and key risk points of the main safety risks in the entire construction cycle of highway bridges, and deeply explore the theoretical framework, implementation path, and collaborative operation mode of the dual prevention mechanism in construction safety management, in order to provide theoretical reference and practical guidance for improving the quality and safety level of highway bridge construction.

**Keywords:** Highway bridges; Construction; Safety risks; Prevention mechanisms

## 0 引言

公路桥梁作为现代交通基础设施网络的枢纽工程, 其建设过程融合了高空、深水、爆破、大型构件吊装等多种高危作业, 安全风险具有隐蔽性、关联性与突发性等特征。传统的安全管理模式往往侧重于事后处置, 难以对潜在风险进行前瞻性预警与系统性阻断。随着安全生产理念的深化与监管要求的升级, 构建科学、动态、全员参与的安全风险防控体系已成为行业发展的必然要求<sup>[1]</sup>。在此背景下, 深入分析施工各阶段安全风险的形成机理与演化规律, 并依托双重预防机制实现风险管控的关口前移与纵深防御,

对于遏制重特大事故发生、推动工程建设高质量发展具有至关重要的现实意义。

## 1 公路桥梁施工安全风险识别概述

公路桥梁施工安全风险识别是安全管理的基础性工作, 指通过系统化方法, 全面辨识施工全过程中可能引发人员伤亡、财产损失或工程延误的各类危险源、有害因素及其触发条件的过程<sup>[2]</sup>。其核心目标在于实现对风险“存在何处、何时发生、何以演化”的早期认知。有效的风险识别需覆盖从项目立项、勘察设计、材料制备、现场施工到竣工调试的全生命周期, 并综合考虑人、机、料、法、

环等多元要素的交互影响。识别方法通常包括基于历史事故数据的统计分析、现场勘查与工作安全分析、专家咨询与德尔菲法、故障树与事件树分析等定性定量相结合的技术手段。风险识别的全面性与准确性直接决定了后续风险评价与管控措施的有效性,是构筑主动式安全管理防线的首要环节。

## 2 公路桥梁施工过程中的主要安全风险识别

### 2.1 施工准备与临时设施风险

施工准备与临时设施阶段的风险识别是预防后续施工事故的前沿关口,此阶段风险主要集中于施工场地规划、临时结构设计与搭建、以及施工设备进场等环节。场地规划不合理可能导致地质灾害易发区作业、交通组织混乱或消防通道阻塞;临时设施如施工便道、栈桥、围堰、脚手架、模板支撑体系等,若设计承载力不足、构造不规范或材料存在缺陷,极易引发坍塌、倾覆等结构性安全事故;大型临时用电系统若未按规范敷设,可能造成触电或火灾风险;此外,施工设备如起重机、打桩机等在进场、组装及调试过程中,因地基处理不当或操作失误,也存在倾覆、机械伤害等初期风险。此阶段风险具有基础性与隐蔽性,其识别需结合地质勘察报告、设计图纸审查与现场条件实地勘验进行<sup>[9]</sup>。

### 2.2 主体结构与关键工序风险

主体结构与关键工序施工是风险高度集中的阶段,风险识别需聚焦于高墩柱施工、大跨径桥梁架设、深基坑开挖、悬臂浇筑、预应力张拉、大型构件运输与吊装等核心工艺环节。高墩柱施工面临高处坠落、模板垮塌风险,随着墩身增高,风荷载、混凝土泵送冲击荷载的影响显著增大;深基坑作业存在边坡失稳、涌水涌砂、有害气体中毒等威胁,支护结构的变形监测与降水方案的可靠性是关键;大跨径桥梁的悬臂施工或顶推施工,对线形控制、应力状态监控要求极高,稍有偏差可能导致结构失稳甚至垮塌,合龙段施工时的温度效应与体系转换过程风险尤为突出;大型预制梁板、钢箱梁的吊装作业,受风力、吊点设置、吊具状态、指挥协调等多因素影响,风险复杂且后果严重,多机抬吊时的同步性控制是难点;水下基础的钻孔灌注桩施工则易发生塌孔、断桩、导管堵塞等问题,复杂地质条件下的成孔质量与水下混凝土灌注连续性直接关系到桩基承载力。此阶段风险具有技术关联性强、后果灾难性大的特点,识别需紧密结合专项施工方案、工艺仿真计算与实时监测数据,并应预见各工序交叉衔接时可能产生的新的风险组合。

## 2.3 作业环境与自然灾害风险

公路桥梁施工通常为露天、野外、线性工程,作业环境复杂多变,受自然环境因素影响显著<sup>[1]</sup>。风险识别需重点关注气象水文条件与特殊地理环境带来的挑战。极端天气如强风、暴雨、雷电、大雪、高温、冰冻等,不仅直接威胁高处、水上作业人员安全,还可能诱发边坡滑塌、设施损坏、用电事故,例如瞬时强风可能导致塔吊失控,暴雨可能冲毁施工便道和基坑支护;水文地质条件变化,如河流水位暴涨、洪水冲刷、地下水位变动,对桥梁基础、围堰及涉水作业构成严重威胁,尤其在汛期施工,水文预报的滞后性可能使风险骤然升级;山区施工可能面临山体滑坡、泥石流等地质灾害,开挖边坡改变了原有应力平衡,需持续监测;跨江跨海桥梁还需考虑潮汐、波浪、雾霾等对航运及施工的影响,能见度降低直接影响吊装和船舶作业安全。此外,施工产生的振动、噪声、粉尘等也可能对作业人员健康及周边环境构成长期风险。此类风险具有不可控性与突发性,识别需依托气象水文预报、地质环境评估及历史灾害资料,并建立与地方应急、气象、水利部门的信息联动机制。

### 2.4 人员与管理行为风险

人员与管理行为是安全风险中最活跃且最难以控制的因素,其风险识别主要指向人的不安全行为与组织管理的缺陷。具体包括:作业人员安全意识淡薄、未接受充分安全培训、违章指挥与违规操作、疲劳作业或带病上岗,特别是在工期压力下,为图省事而冒险作业的行为更为常见;管理人员安全生产责任制未落实、安全技术交底流于形式、现场监管缺位或失效、应急预案不完善或演练不足,使得制度与现场执行形成“两张皮”;分包单位安全管理能力薄弱、安全投入不足,以包代管现象导致风险管控链条断裂;不同工种、不同班组之间交叉作业协调不畅,缺乏有效的沟通与隔离措施,易引发物体打击、机械伤害等事故;对新技术、新工艺、新材料带来的未知风险认知不足,管理措施未能同步更新,经验主义可能带来新隐患。这类风险根植于安全文化、制度执行与个体心理层面,识别需要通过行为观察、制度审核、访谈与问卷调查等方法深入挖掘,并特别关注协作队伍人员流动频繁带来的技能与安全知识断档风险<sup>[9]</sup>。

## 3 双重预防机制在公路桥梁施工安全管理中的构建与应用

### 3.1 双重预防机制的理论内涵与框架

双重预防机制由安全风险分级管控和隐患排查治理

两个既相对独立又紧密关联的预防性工作体系构成,其理论核心是坚持源头防范与过程管控相结合。风险分级管控侧重于对尚未转化为隐患的各类危险源进行超前辨识、科学评估、等级划分并采取针对性管控措施,旨在从根源上降低风险发生的可能性,体现了“预防为主”的主动性思维;隐患排查治理则侧重于对风险管控措施失效或弱化后形成的显性缺陷、违规状态等“隐患”进行定期或动态的排查、登记、报告、监控、整改与销号,旨在阻断隐患向事故演变的路径,体现了“管控过程”的纠正性思维。二者形成“辨识风险-管控风险-排查隐患-治理隐患”的闭环管理逻辑,构成了事前预防与事中控制的双重防线。在公路桥梁施工中,该机制的构建需与工程项目管理体系深度融合,明确建设单位、设计单位、施工单位、监理单位等各方职责,形成统一协调、分层负责、动态更新的运行框架。这一框架要求将双重预防工作内容、流程和责任固化到施工组织设计、日常管理例会、分包合同条款以及岗位职责说明中,使其成为项目管理不可分割的有机组成部分,而非附加任务。

### 3.2 安全风险分级管控体系的建立与实施

建立公路桥梁施工安全风险分级管控体系,需成立由技术、安全、施工等多专业人员组成的风险评估小组,运用本文第二章所述方法,对施工各阶段、各部位、各工序进行全覆盖的风险辨识。要采用风险矩阵法(可能性×严重性)或LEC评价法等,对辨识出的风险进行定量或半定量评估,确定风险等级(如重大、较大、一般、低风险)。依据风险等级,制定并落实分级管控措施:对重大风险,需编制专项施工方案与应急预案,进行施工前条件验收,实施实时监测与专人旁站监督,必要时需组织专家论证;对较大风险,需加强技术交底与现场检查频次,明确管控责任人;对一般及低风险,则执行常规管理程序。管控责任需逐级分解至项目部、作业队、班组乃至具体岗位,并建立风险公告制度,在现场设置风险告知卡与警示标识,确保一线作业人员知晓所处环境的风险及应对措施。同时,应根据施工进展、环境变化及事故案例,定期(如每季度或关键工序转换时)对风险清单与等级进行动态评审与更新,确保管控措施始终与当前风险状态相匹配。

### 3.3 隐患排查治理体系的运行与闭环管理

隐患排查治理体系是风险分级管控的补充与验证,其有效运行依赖于标准化、制度化与信息化的管理流程。应制定符合项目特点的隐患排查标准清单,明确排查内容、周期、责任人与方法。排查分为日常巡查、专项检查、季

节性检查、节假日检查等多种形式,覆盖所有作业场所、设备设施和人员行为,鼓励采用“扫码巡检”等信息化手段提高效率与可追溯性。对于排查出的隐患,立即记录并建立台账,按照隐患的严重程度和整改难度,实行分级治理与闭环管理:一般隐患应责令现场立即整改或限期整改;重大隐患需挂牌督办,制定治理方案,做到措施、责任、资金、时限和预案“五落实”,整改期间需采取可靠的临时防护措施。隐患整改完成后,须经验收合格后方可销号,验收人需对整改结果负责。整个过程应借助信息化管理平台进行跟踪、督办与统计分析,实现隐患从发现到消除的全过程可追溯,并生成统计分析报告,用于识别高频隐患和薄弱环节。同时,需建立隐患举报奖励机制,鼓励一线员工参与,形成全员查隐患的积极氛围。

### 3.4 双重预防机制的协同运作与持续改进

双重预防机制的两个体系并非孤立运行,而是需要深度融合与协同运作。风险分级管控为隐患排查提供了重点方向与清单依据,而隐患排查治理的结果则反过来验证和修正风险管控措施的有效性。例如,若某一风险点反复出现同类隐患,则需反思其风险等级是否应上调、管控措施是否需加强,或者相关人员的培训是否到位。项目部应定期召开安全风险与隐患分析会,将两者信息进行整合分析,评估整体安全状况,寻找管理漏洞。机制的持续改进有赖于健全的考核激励机制、系统的安全培训教育(特别是对风险与隐患的认知能力培训)以及安全管理信息化的深度应用。通过将双重预防机制的要求融入施工组织设计、分包合同、日常会议与安全文化宣传,使其成为项目所有参与方的自觉行动与常态化工作模式。最终,通过“计划-实施-检查-处理”(PDCA)循环,不断优化风险辨识方法、评价标准、管控措施和排查流程,实现公路桥梁施工安全管理从被动应对向主动预防、从零散管理向系统治理的根本转变,从而持续提升项目的本质安全水平。

## 4 结语

公路桥梁施工安全是一项复杂的系统工程,其风险具有多源性、动态性与耦合性特征。系统、精准、全周期的安全风险识别是实施有效管控的逻辑起点,它为认知施工过程中的潜在威胁提供了全景式图谱。双重预防机制通过构建风险分级管控与隐患排查治理两道防火墙,将安全管理重心由事后处置向事前预防、事中控制进行战略性前移,实现了对风险演变链条的早期干预与过程阻断。该机制的深入实施,不仅要求技术手段的支撑、制度流程的完善,更有赖于全员安全责任意识的强化与协同管理文化的

塑造。未来，随着智能传感、大数据、BIM等新一代信息技术在工程建设领域的深度融合，双重预防机制的运行将更加智慧化、精准化与高效化，从而为公路桥梁施工筑牢更为坚实可靠的安全屏障，保障我国交通基础设施建设事业的高质量安全发展。

#### 参考文献：

[1] 唐武川. 公路桥梁施工过程中的安全风险识别与双重预防机制研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(2):121-124.  
[2] 任丽娜. 道路桥梁施工中裂缝成因及预防策略[J]. 中国科技期刊数据库工业 C, 2018(5):00025-00026.

[3] 曾伟. 道路桥梁施工中混凝土裂缝成因分析及应对措施[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(003):000.

[4] 闫强强. 双重预防机制在工程项目安全管理中的应用[J]. 安家, 2023(8):0160-0162.

[5] 李倩伟. 高速公路桥梁工程施工的安全管理策略[J]. 交通世界, 2016(33):2.

作者简介：王建光（1982.10-），男，白族，云南大理，本科，工程师，研究方向：公路工程。