

# 公路工程现场施工安全管理体系研究

杨 崇 邵 鑫

内乡县宛西公路工程有限公司 河南 南阳 473000

**摘要：**公路工程现场施工安全管理体系以预防为核心，融合事故致因理论、系统安全工程及持续改进理论，构建涵盖安全生产责任制、技术支持、应急管理与文化培育的三维框架。通过动态风险识别与评估（如LEC法、BIM实时监测），结合物联网监控、AI预警等智能技术，实现风险分级管控与隐患闭环整改。体系强调全员参与、目标导向，依托PDCA循环持续优化，有效降低事故率，保障施工安全与工程质量。

**关键词：**公路工程；现场施工；安全管理体系构建

引言：公路工程建设规模不断扩大，施工环境日趋复杂，其现场安全管理面临巨大挑战。传统管理模式多侧重事后处置，难以有效应对动态风险。构建系统化、科学化的安全管理体系，通过整合事故致因理论、系统安全工程与持续改进方法，强化风险识别、技术防控与全员参与，成为提升施工安全水平、保障工程顺利实施的关键，对推动行业高质量发展具有重要意义。

## 1 公路工程现场施工安全管理体系理论基础

### 1.1 核心概念界定

施工安全管理是指在公路工程施工全过程中，通过制定安全制度、落实安全责任、实施安全管控等手段，防范各类安全事故、保障施工人员生命财产安全的综合性管理活动。风险因子是指公路施工中可能引发安全事故的各类潜在因素，包括人为失误、设备故障、环境隐患、管理缺陷等。动态管控是基于施工场景的流动性、复杂性特点，实时监测风险变化，动态调整管控措施，实现全周期安全防控的管理模式。

### 1.2 理论基础

(1) 事故致因理论为安全管控提供根源性指导。海因里希模型指出，事故发生是“人员不安全行为、物的不安全状态”等因素连锁反应的结果，强调通过消除基础隐患切断事故链；能量意外释放理论认为，事故本质是能量失控转移导致的伤害，需通过防护设施、隔离措施控制能量释放，为施工安全防护设计提供理论依据。(2) 系统安全工程理论构建全方位防控框架。该理论将施工安全视为“人-机-环-管”四要素相互作用的系统，要求兼顾施工人员安全意识培训、机械设备合规检测、现场环境风险排查、管理制度闭环落实，实现各要素协同管控，覆盖施工全场景安全漏洞。(3) 持续改进理论保障体系长效运转。PDCA循环（计划-执行-检查-处理）贯穿安全管理全过程，通过制定安全计划、执行管控措

施、检查落实成效、优化改进方案的循环迭代，推动安全管理体系不断完善，适应公路施工动态变化的需求。

### 1.3 体系构建原则

(1) 预防为主原则：以事故致因理论为支撑，提前识别风险因子，通过技术防护、制度约束等手段前置防控，从源头降低事故发生概率。(2) 全员参与原则：基于系统安全工程理论中“人”的核心作用，明确施工、管理、技术等各岗位安全责任，形成全员协同的安全管理格局。(3) 动态调整原则：契合动态管控概念与持续改进理论，根据施工进度、环境变化等实时优化管控措施，确保体系适应性。(4) 技术赋能原则：依托系统安全工程理论的技术支撑要求，通过智能化监测、信息化管理等技术手段，提升安全管控的精准性与效率。

## 2 公路工程现场施工安全风险识别与评估

### 2.1 风险因素分类

(1) 人的不安全行为：涵盖主观违规与客观失范两类。违规操作表现为未按规范搭设脚手架、擅自更改吊装流程等主动违章行为；疲劳作业多因超长工时、轮班不合理导致，如连续作业12小时以上的摊铺机操作人员反应迟缓，易引发机械伤害事故。(2) 物的不安全状态：涉及设备与材料双重隐患。设备故障包括塔吊力矩限制器失效、压路机制动系统故障等；材料缺陷如钢筋力学性能不达标、脚手架钢管壁厚不足，会直接降低结构稳定性，增加坍塌风险。(3) 环境风险：受自然条件与场地环境制约。地质条件风险有岩溶地区基坑突涌、边坡岩土体失稳等；气候影响表现为暴雨引发的山洪、强风导致的高空坠物，尤其对跨河桥梁、山区公路施工威胁显著。(4) 管理缺陷：贯穿管控全流程。制度漏洞如未制定专项安全方案、缺少特种作业操作规程；监管失效体现为隐患排查流于形式、违规操作未及时制止，形成“管理真空”<sup>[1]</sup>。

## 2.2 风险评估方法

(1) 定性评估：适用于风险初步筛查。LEC法通过量化“事故发生可能性(L)、暴露于危险环境的频繁程度(E)、事故后果严重程度(C)”，计算风险等级( $D=L \times E \times C$ )，快速划分高、中、低风险；安全检查表法依据规范制定清单(如“机械是否定期检修”“防护设施是否齐全”)，逐项核对排查，操作简便，适合现场日常风险评估。(2) 定量评估：用于精准量化风险程度。模糊综合评价法针对施工风险的模糊性(如“地质风险严重程度”)，通过建立评价指标体系、确定权重，计算风险隶属度，得出具体风险数值；蒙特卡洛模拟通过随机模拟施工中风险变量(如材料强度波动、工期延误概率)，多次迭代计算风险发生概率与损失，为重大决策提供数据支撑。(3) 动态评估：适配施工动态性特点。基于BIM的实时监测将施工模型与传感器数据结合，实时采集基坑沉降、支架变形等数据，同步反馈至BIM模型，直观呈现风险变化趋势，一旦数据超阈值立即预警，实现风险的动态追踪与及时干预，尤其适用于大型桥梁、隧道等复杂工程。

## 3 公路工程现场施工安全管理体系构建

### 3.1 总体框架设计

(1) 三维结构：从多层维度筑牢安全管理根基。制度层是体系运行的“准则保障”，涵盖安全生产责任制、施工安全操作规程、隐患排查治理办法等，明确各主体责任与操作标准，确保管理有章可循；技术层是体系落地的“工具支撑”，整合BIM建模、智能监测设备、安全防护技术等，通过技术手段降低人为误差，提升风险管控精准度；文化层是体系长效的“思想引领”，通过安全文化宣传、典型案例教育，培育施工人员“安全第一”的意识，将安全理念融入日常作业行为。(2) 闭环流程：形成全周期风险管控链条。以“风险识别→评估→控制→反馈”为核心，先通过现场巡查、数据监测完成风险识别，再运用LEC法、模糊综合评价等方法开展评估，划分风险等级；随后针对高、中风险制定管控措施(如设备检修、人员培训)，落实控制行动；最后通过安全检查、事故统计收集反馈信息，反向优化识别标准与评估方法，实现流程闭环迭代，避免风险管控漏洞<sup>[2]</sup>。

### 3.2 核心模块设计

(1) 组织保障体系：建立“项目经理牵头、安全员执行、各班组落实”的安全责任制，明确从管理层到作业层的安全职责，避免责任推诿；构建部门协同机制，推动施工、技术、质检等部门联动，如技术部门提供安全技术方案，质检部门同步核查材料安全性能，形成“横

向到边、纵向到底”的组织保障网络。(2) 技术支撑体系：部署物联网监控系统，通过传感器实时采集机械运行参数、基坑沉降数据，实现风险动态监测；搭建AI预警系统，利用算法分析历史安全数据，对违规操作、设备异常等风险自动预警，如识别人员未戴安全帽时，即时推送提醒至管理人员，缩短风险响应时间。(3) 应急管理体系：编制针对性应急预案，按“坍塌、触电、火灾”等事故类型明确应急流程、救援分工与物资调配方案；建立定期演练机制，每季度开展实战化演练(如桥梁支架坍塌应急救援)，检验预案可行性，提升施工人员应急处置技能，确保事故发生时快速控险、减少损失<sup>[3]</sup>。(4) 培训与考核体系：采用VR安全教育模式，模拟高空坠落、机械伤害等危险场景，让施工人员沉浸式感受事故危害，增强安全意识；实施技能认证制度，对特种作业人员(如起重工、电焊工)开展安全技能考核，考核合格方可上岗，同时定期复训，确保人员技能适配岗位安全需求。

### 3.3 动态优化机制

(1) 基于大数据的安全趋势分析：整合施工全过程安全数据(如风险发生频次、事故类型分布)，运用大数据技术挖掘数据规律，分析风险变化趋势，如发现“雨季边坡滑坡风险上升”，提前调整管控重点(如加固边坡、增加监测频次)，实现风险预判与主动防控。(2) 反馈修正机制：以事故根因分析会为核心，事故发生后组织相关人员开展深度复盘，通过“人、机、环、管”多维度排查根因(如事故源于设备故障，需追溯是否存在检修制度漏洞)，形成整改方案并跟踪落实；同时定期召开安全工作反馈会，收集一线人员对管理体系的建议，及时修正制度条款与技术参数，确保体系持续适配施工实际需求。

## 4 公路工程现场施工安全管理保障措施

### 4.1 政策与制度保障

(1) 完善法律法规与行业标准：以国家《安全生产法》《公路工程施工安全技术规范》为基础，结合公路施工特点细化地方实施细则，如针对山区公路高边坡施工、跨河桥梁水上作业制定专项安全标准，明确施工流程红线与技术参数底线；同时建立标准动态更新机制，紧跟施工技术发展(如装配式施工)补充安全要求，确保政策法规对新型施工场景的全覆盖，为安全管理提供刚性约束<sup>[4]</sup>。(2) 推行安全信用评价体系：将施工企业、监理单位的安全管理表现纳入信用评价，指标涵盖事故发生率、隐患整改率、安全培训达标率等；对信用等级高的企业，在项目招投标中给予加分倾斜，对信用低劣、

多次违规的企业实行业禁入,通过“守信激励、失信惩戒”的市场机制,倒逼企业主动落实安全管理责任,规范施工行为。

#### 4.2 技术保障

(1)智慧工地平台建设:融合5G、BIM、物联网技术搭建一体化管理平台,5G实现施工现场数据高速传输,BIM模型直观呈现施工进度与风险点位,物联网传感器实时采集机械运行、人员定位、环境参数(如风速、温湿度)数据,所有信息集成至平台可视化界面;管理人员可远程监控施工状态,如发现机械超载运行、人员进入危险区域,立即通过平台下发预警指令,实现安全管控“千里眼”式精准监管。(2)新型防护技术应用:推广智能安全帽,内置定位芯片、声光报警器与视频采集功能,既便于管理人员掌握人员位置,又能在人员靠近危险源时自动报警,同时可实时回传现场画面,辅助远程判断风险;普及智能防坠落装置,如高空作业平台的自动锁止系统,当平台倾斜角度超安全阈值时,立即触发机械锁止,防止人员坠落,通过技术升级提升个体防护与设备防护能力<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 人员保障

(1)专业安全管理人员培养:联合高校、行业协会开设公路施工安全管理专项培训,课程涵盖风险评估方法、应急处置流程、智慧监测技术应用等,培训后通过理论考核与现场实操评估方可上岗;建立管理人员继续教育制度,每年组织学习最新安全法规与技术,确保其具备专业管控能力,能有效识别隐患、制定防控方案,成为现场安全管理的“核心把关人”。(2)农民工安全技能培训常态化:针对农民工群体文化水平差异,采用“理论+实操+案例”的通俗化培训模式,理论讲解聚焦基础安全知识(如用电安全、防火常识),实操训练模拟脚手架搭设、机械操作等场景,案例教学结合近年公路施工安全事故复盘,增强培训代入感;实行“岗前培训+季度复训”机制,新进场农民工必须培训合格方可上岗,季度复训强化薄弱环节,提升农民工安全操作技能与风险规避意识。

#### 4.4 经济保障

(1)安全专项资金投入机制:明确施工项目安全投入占总造价的比例(不低于3%),专项资金专款专用,用于采购安全防护设备、建设智慧监测系统、开展安全培训与演练等;建立资金使用监管机制,由监理单位、建设单位联合核查资金流向,确保资金全部用于安全管理相关工作,避免“重生产、轻安全”的资金挪用问题,为安全管理提供稳定经济支撑。(2)安全生产责任险推广:强制要求施工企业投保安全生产责任险,保险覆盖施工人员人身伤害、第三方财产损失及事故应急救援费用;保险公司不仅提供经济赔偿,还需参与企业安全风险评估,协助制定风险防控方案,通过“保险+服务”模式,既降低事故发生后的经济损失,又借助保险机构专业力量提升企业安全管理水平。

#### 结束语

公路工程现场施工安全管理体系的研究与实践,是保障工程建设安全、推动行业可持续发展的重要举措。通过构建三维管理框架、融合智能技术手段、强化全员责任意识,体系实现了风险动态管控与隐患闭环治理。未来,需持续深化技术赋能、完善制度保障、加强人员培训,推动安全管理体系向智能化、精细化方向发展,切实筑牢施工安全防线,为公路工程高质量建设提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]李辉成.公路养护工程施工现场安全管理存在的问题及解决方法[J].现代职业安全,2023,(06):86-89.
- [2]杜鑫,潘馨.公路工程施工现场安全管理标准化建设探讨[J].西部交通科技,2023,(07):223-224.
- [3]李小苹.浅谈公路工程施工过程中的安全生产管理[J].青海交通科技,2024,36(04):25-29.
- [4]蔡睿.公路工程施工现场安全管理标准化建设及提升路径[J].大众标准化,2024(6):64-66.
- [5]江坤.公路工程施工现场安全管理体系的建设探讨[J].大科技,2024(44):88-90.