

# 道路桥梁施工监理质量与安全管控对策

文 / 姚 剑 安徽省公路工程建设监理有限责任公司

**摘要：**道路桥梁工程作为基础设施建设的重要组成部分，其施工质量与安全管控直接关系到工程效益及公共安全。本文系统分析了道路桥梁施工的特点与监理的核心作用，指出当前质量管控中存在的技术滞后、管理体系不完善等问题，以及安全管控中风险点识别不足、应急机制缺失等问题。针对这些问题，提出了全过程质量控制体系（涵盖事前、事中、事后三阶段管控）与技术赋能手段（如BIM施工模拟与物联网实时监测）相结合的质量提升对策；同时，从风险分级管控、安全技术交底、管理体系优化及应急管理四方面构建了安全管控对策框架。研究表明，通过系统性整合技术与管理手段，可显著提升施工过程的规范性与安全性，为同类工程提供理论与实践参考。

**关键词：**道路桥梁；施工；监理；施工安全

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.054

## 引言

随着我国城镇化进程加快和“交通强国”战略的深入推进，道路桥梁工程呈现规模大型化、结构复杂化、环境多样化等特征。然而，当前道路桥梁施工过程中仍面临诸多挑战：一方面，监理技术手段滞后于智能建造发展需求，传统人工巡检与纸质记录模式难以匹配BIM、物联网等技术的应用场景；二是质量与安全管控体系存在结构性缺陷，如技术审查流于形式、风险分级机制落实不足、应急响应效率低下等。这些问题不仅可能导致工程质量隐患（如桩基承载力不足、混凝土耐久性退化），更易引发高空坠落、支架坍塌等恶性安全事故，造成重大经济损失与社会影响。基于此，本文以道路桥梁施工监理为研究对象，通过理论与实践的结合深入探讨道路桥梁施工监理质量与安全管控对策，为行业标准完善与监理模式创新提供参考。

## 一、道路桥梁工程施工的特点和监理的作用

### （一）道路桥梁工程施工的特点

道路桥梁工程作为现代交通基础设施的核心组成部分，其施工过程具有显著的复杂性、系统性和动态性特征。其中，工程规模与结构复杂性主要表现在道路桥梁工程通常具有线性分布广、结构体系复杂的特点，环境交互效应显著主要表现为施工需适应极端气候、水文变化及地质灾害，而安全风险系统性主要表现为高空作业、临时结构失稳、深基坑坍塌为工程发生安全事故的主要诱因。

### （二）道路桥梁工程施工监理的作用

监理单位作为独立第三方，依据《建设工程监理规范》（GB/T 50319-2022）及FIDIC条款，通过全生命周期管控保障工程目标的实现，具体作用机制如下为技术合规性审查、过程监控以及安全风险治理。其中，过程监控是最为重要的作用机制，这是由于过程监控通过采用旁站监理（对桩基混凝土浇筑全程记录）、平行检验（按《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1-

2017抽检频率 $\geq 10\%$ ）及无损检测（超声波探伤检出缺陷尺寸 $\geq 3\text{mm}$ ）相结合的质量控制方法确保道路桥梁工程的质量得到有效控制进而为安全风险治理奠定基础。

## 二、道路桥梁施工监理现状与问题

### （一）施工监理的核心职责

根据《建设工程监理规范》（GB/T 50319-2022）及行业实践，道路桥梁施工监理的核心职责可归纳为以下三个维度：

#### 1. 全过程质量控制

依据设计文件（如JTG D60-2015《公路桥涵设计通用规范》）和施工技术标准，对材料进场、工艺参数、隐蔽工程验收进行全流程监督，并建立质量追溯机制，运用物联网技术实现施工数据的可验证性。

#### 2. 动态进度管理

通过编制关键路径网络计划（CPM），监控里程碑节点（如主塔封顶、合龙段浇筑）偏差，采用资源平衡算法（如线性规划模型）优化机械与人力配置。

#### 3. 安全风险防控

执行《公路水运工程安全生产监督管理办法》（交通运输部令2017年第25号），开展风险分级管控，并建立隐患数据库。

### （二）质量管控现存问题

#### 1. 施工监理的职能定位与制度性矛盾

依据《建设工程监理规范》（GB/T 50319-2022）及《公路工程施工监理规范》（JTG G10-2016），道路桥梁施工监理的法定职能涵盖“三控两管一协调”（质量、进度、成本控制，合同与信息，组织协调）。然而，实际工程实践中呈现权责界定模糊性与技术代际落差，主要表现为监理单位作为独立第三方，其权责边界与建设方、施工方的管理权限存在交叉，传统监理手段（如人工巡检、纸质记录）与智能建造技术（BIM、物联网）的异构性，导致监理数据采集效率差异显著。

2. 质量管控体系的现实困境

当前道路桥梁工程监理质量管控存在以下结构性缺陷（见表1）：

（三）安全管控风险点

道路桥梁施工安全事故呈现显著的类型分异特征，其概率分布与触发条件具有明确的工程学关联性（见表2）：

表1 质量管控问题

问题类型	表现形式	数据来源 / 影响量化
监理主体责任泛化	技术审查流于形式，对特殊结构（如波形钢腹板桥梁）的专项论证缺失	全国I类桩比例下降至89.7%（规范要求≥95%）
检测技术滞后	回弹法推定混凝土强度误差±15%，而微波介电常数检测法普及率不足20%	某跨海大桥因检测偏差引发返工损失超1200万元
材料溯源失效	砂石料氯离子含量超标（>0.06%）项目占比达10.3%	耐久性病害导致维修成本增加18%-25%
验收标准弹性化	桥面铺装平整度抽检率从10%缩减至5%，车辙深度超标（>10mm）路段占比提升至14%	《公路工程质量检验评定标准》执行偏差率≥30%

表2 安全管控风险点

风险类型	事故占比	触发条件	典型案例
高空坠落	34%	安全网破断强度<1.5kN/m <sup>2</sup> ；安全带挂点错误率≥12%	某跨江大桥坠落事故
支架坍塌	37%	碗扣式支架立杆垂直度偏差>1/500	某高速桥梁坍塌事件
机械伤害	21%	架桥机维保超期（>1500小时）	某山区桥梁机械故障事故

从表2可以看出不同的风险类型其触发条件不同，也具有不同的工程学启示：

（1）风险集聚规律

高空坠落与支架坍塌合计占比71%，表明结构高空作业与临时支撑体系是核心风险源，需优先实施专项防控；

（2）人因主导性

超过65%的事故与人为因素（操作失误、管理疏漏）直接相关，凸显安全培训与行为监管的紧迫性；

（3）技术防控缺口

仅32%的项目应用智能监测技术（如北斗定位+应力传感），传统人工巡检模式难以实现风险超前预警。

三、监理质量管控对策

（一）全过程质量控制体系

1. 事前管控

事前管控是质量管理的核心环节，需通过技术预判、资源审核和方案优化，从源头上消除质量隐患。

（1）设计文件深度审查与协同优化

首先为设计合规性审查，即对桥梁结构设计参数进行逐项核验。重点复核桩基承载力计算、预应力筋布置合理性、伸缩缝间距设置等关键内容。其次为多专业协同审查，组织桥梁、地质、机电专业工程师联合审查设计图纸，解决跨专业冲突。

（2）施工材料预控

建立供应商“白名单”数据库，要求钢筋、水泥、外加剂等主材供应商提供生产许可证、质量检验报告及环保认证。推行“盲样送检”制度，委托第三方实验室对混凝土试块抗压强度、钢筋屈服强度、沥青针入度等指标进行复验，对不合格材料一律退场并记录供应商信用评级。

（3）人员资质与技能考核

核实施工单位项目经理、安全员、试验检测员的执业资格证书，禁止无证人员参与特种作业（如焊接、张拉、起重操作）。在预制梁场开展“标准化工艺样板间”培训，演示预应力管道定位误差控制（≤5mm）、混凝土分层

振捣工艺（每层厚度≤30cm）等关键技术要点，考核合格后方可上岗。

2. 事中管控

事中管控需通过旁站监督、实时检测和数据反馈，确保施工过程符合设计及规范要求，实现质量问题的“早发现、早预警、早整改”，主要监控的内容为关键工序旁站监理：对桩基清孔沉渣厚度（端承桩≤5cm、摩擦桩≤10cm）、钢筋笼焊接质量（焊缝长度≥10d）、预应力孔道压浆密实度等隐蔽工程实施旁站监理，详细记录施工过程中的关键信息，如施工时间、施工人员、施工内容、存在的问题等。

表3 旁站记录表

工程名称： 旁站监理的部位或工序	
旁站结束时间：时分	旁站开始时间：时分
施工内容概述：	
旁站监理情况记录：	
旁站监理结论：	
旁站监理人员签字：__	
日期：__年__月__日	

采用智能终端（如平板电脑）录入混凝土坍落度（宜为160-200mm）、张拉应力（按设计值的±5%控制）、压浆压力（0.5-0.7MPa）等数据，自动生成电子化施工日志，避免人为篡改。

3. 事后管控

竣工验收阶段是工程项目建设周期中的最后一个重要环节，它标志着项目从施工阶段向使用阶段的转变。在这一阶段，对已完成工程进行质量评估是确保工程质量符合设计要求、合同规定及国家相关标准的关键步骤，竣工验收的内容为检查工程项目的结构安全、使用功能、外观质量等方面是否符合设计要求及国家相关标准。其中，最核心的工作是对缺陷责任期主动监测，即通车后首年内，每季度对桥梁支座滑移量、伸缩缝密封性、桥台沉降量进行测量；针对沿海地区桥梁，增加氯离子渗

透深度检测, 评估混凝土耐久性退化速率。在桥塔、主梁等关键部位安装 GNSS 位移监测站与裂缝计, 数据实时上传至云平台, 当监测到支座位移量连续 3 天超过 2mm 时, 自动触发预警并推送至养护单位。

## (二) 技术赋能手段

### 1. BIM 技术实现施工模拟与碰撞检测

利用 Revit、Civil 3D 建立桥梁 BIM 模型后通过 Navisworks 将施工计划与模型关联, 可视化模拟桩基-承台-墩柱施工时序, 优化机械站位及材料堆场布局进行 4D 进度模拟后实施虚拟预拼装并进行工程量精确统计。

### 2. 物联网传感器实时监测结构应力与变形

建立智能传感网络, 实现数据云平台集成并采用无人机搭载高清摄像头与红外热像仪, 快速扫描桥墩冲刷情况、箱梁内部积水等人工难以到达的区域。

## 四、安全管控对策

### (一) 建立风险分级管控机制

依据《公路工程施工安全技术规范》(JTG F90), 梳理桥梁施工典型风险源, 形成涵盖“人、机、料、法、环”五维度的风险清单建立风险库, 并针对不同施工阶段(如基础施工、上部结构施工)更新风险清单。

#### 1. 量化评估模型

采用 LECD 法(事故可能性 L×暴露频率 E×后果严重性 C×管理缺陷 D)对风险定量评分, 建立四级风险管控

红色( $R \geq 320$ ): 停工整改, 专项方案论证(如爆破作业);

橙色( $160 \leq R < 320$ ): 项目部重点监控, 每日巡查(如挂篮移动);

黄色( $70 \leq R < 160$ ): 班组级管控, 周检查(如临时用电);

蓝色( $R < 70$ ): 岗位自查(如小型工具使用)。

#### 2. 分级管控措施

采用分级管控措施, 红色风险实施“双监护”制度(技术负责人+安全员旁站), 橙色风险设置物理隔离区(如吊装作业半径警戒线), 黄色风险张贴可视化警示标识(如“当心触电”), 并配备 PPE(安全帽、防滑鞋)。而蓝色风险则需班前会强调操作规范, 对工具设备每日点检。

### (二) 安全技术交底

通过分层级、多形式交底, 确保安全要求穿透至一线作业人员。一是建立三级交底体系, 并采用多元化载体, 如图文手册, 用漫画图解“三宝四口五临边”防护要求, 也可进行 VR 实训来模拟触电、坍塌场景, 提升应急处置能力。二是实施工序前置交底, 对高风险作业前 72 小时完成交底, 预留整改时间。例如, 挂篮行走前需交底“抗倾覆系数  $\geq 2.5$ ”的验收标准。

### (三) 建立健全管理体系

以“制度审核者、过程监管者、成效评价者”三重

角色推动安全管理体系落地。首先, 对施工方管理体系审查, 审核施工单位报送的《安全生产责任制》《危险作业审批制度》等文件, 重点核查。其次, 结合项目特点编制细则, 明确“三必须”原则(管生产必须管安全、审批方案必须审安全、验收工程必须查安全)。最后是每月对监理工程师进行安全知识测试(如支架稳定性验算、临时用电 TN-S 系统要求), 不合格者暂停签字权。

### (四) 应急管理优化

#### 1. 预案审核与动态修订

##### (1) 预案合规性审查

重点核查施工单位应急预案是否全面覆盖“三类事故”(生产安全事故、自然灾害、公共卫生事件)。明确要求预案中须包含监理单位的应急组织架构, 并规定监理在事故初期的信息上报职责; 同时, 逃生路线图需清晰地标注监理办公室、医疗箱存放点等关键位置。

##### (2) 预案动态优化

根据施工进度更新风险点, 例如: 主桥合龙阶段新增“大风导致梁体摆动”应急措施,

雨季施工补充“山体滑坡交通导改方案”。

#### 2. 演练监督与效果评估

##### (1) 演练过程管控

首先, 剔除不切实际的假设(如“10 分钟内全员集合”), 增设突发干扰项(如模拟通信中断时的手势联络), 增强演练真实性。其次, 要求监理人员模拟“应急指挥部”成员角色, 重点测试与施工单位、外部救援力量的协同响应效率。再次, 采用执法记录仪全程拍摄演练过程, 重点追踪物资调配延迟、伤员转运路线堵塞等典型问题。

##### (2) 演练后评估报告

编制《演练效能分析报告》, 提出改进建议, 例如: 将急救药品储备量从“满足 10 人使用”提升至“20 人”, 并增加卫星电话数量(至少每工区 1 台)。

## 结语

对于道路桥梁施工过程中施工质量监理与安全管控是确保工程顺利实施的重要手段, 在当前道路桥梁工程建设规模不断扩大的大环境下, 完善工程质量与施工安全的管控体系, 需从人员、制度、材料、技术等方面对施工过程进行监管, 发现问题及时纠正。

## 参考文献

- [1] 裴丽娅. 道路桥梁工程现场监理质量管控要点分析[J]. 工程技术研究, 2024, 9(15): 129-131.
- [2] 郭洪炎. 工程监理在道路桥梁施工中的重要性探究[J]. 居业, 2023, (12): 164-166.
- [3] 李智昌. 市政工程道路桥梁施工监理中的安全管理要点[J]. 工程技术研究, 2021, 6(14): 168-169.
- [4] 范彼. 市政桥梁现浇箱梁后张法预应力混凝土施工监理控制[J]. 建材与装饰, 2020, (10): 256-257.
- [5] 曹玉川. 沥青路面施工监理控制技术[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(03): 115-116.