

公路桥梁施工安全风险评估与全过程质量管理体系构建

屈润栋

新疆北新顺通路桥有限公司 新疆 石河子 832000

【摘要】：公路桥梁施工环境复杂，多工序协同性强，其安全风险控制和质量控制是保证施工效果的关键。文章对公路桥梁建设中的“全周期辨识—精细分类—动态控制”进行研究，以“事前保证-流程控制-验收验证”为主线，构建基于两个系统的协同治理机理，从而达到对风险的提前预警和精确的品质控制的双重赋能。为公路桥梁在复杂环境中的建设管理工作提供系统的理论支持。

【关键词】：公路桥梁；施工安全；风险评估；质量管理

DOI:10.12417/3083-5526.25.04.009

公路桥梁是城市道路运输系统的重要组成部分，其建造和建造的安全性关系到道路网络的运营效率和公共安全。目前，公路桥梁建设项目正处于地质条件复杂、环境不确定性增加、工序交叉密集的复杂环境下，风险和漏洞的防控压力突出，而现有的管理方式又存在风险辨识滞后、质量管控碎片化的问题。建立科学的、系统化的安全风险防控以及质量管理体系是解决工程项目管理难点的重要途径。

1 公路桥梁施工安全风险评估

1.1 公路桥梁施工安全风险源识别

公路桥梁建设具有露天作业、多工序交叉、环境动态多变等特点，其危险源的精确辨识是其防控的先决条件^[1]。在施工准备阶段，重点关注设计文件缺失、施工计划疏漏、资源配置不当等前期风险；在施工过程中，应着重考虑基坑和桩基施工过程中的地质适应性风险；在主体工程建设过程中，重点关注钢筋绑扎、混凝土浇筑和预应力张拉等技术实施风险；在辅助工程建设的过程中，重点关注护栏安装、桥面铺装等多个方面的合作风险；在工程竣工验收阶段，重点关注工程中存在问题整改不彻底和应急保障不到位等问题。风险源识别需要通过类似项目的历史事故进行整理，提取共同的危险点。

1.2 建立安全风险评价指标系统

在风险来源划分的基础上，对人为、设备、物料、环境等方面的指数进行分级。针对各种危险的具体体现，比如对人为危险建立操作规范性和安全意识等进行具体的分析，例如作业标准化程度又分为违章作业频率、持证上岗率等。采用科学的方式来确定各指标的权重：以专家评判为基础，建立评估矩阵，将各指数的相对重要度进行定量^[2]。采用熵权方法，根据目标资料进行加权，减少了主观上的误差；将二者的优点结合起来，提高加权的可信性。根据行业标准和历史资料确定了指数门槛，并将分享等级分为低、一般、大和重大四个级别，确定了每一级别的处理顺序，具体见表1。

表1 安全风险评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
人为风险	操作规范	违规操作频次、特种设备持证上岗率
	安全意识	安全培训合格率、隐患上报率
	技术水平	专业技能考核通过率、复杂工序完成质量
设备风险	设备性能	老化设备占比、设备性能检测达标率
	维护管理	定期维护达标率、故障修复及时率
	违规使用	特种设备违规使用次数、设备超载作业频次
物料风险	材料质量	原材料抽检合格率、构配件质量达标率
环境风险	天气条件	恶劣天气预警响应及时率、停工避险执行率
	地质条件	不良地质处置达标率、基坑沉降控制精度

1.3 安全风险应对与控制措施

对于不同的危险程度，需要采取差别的对策：对于较低的危险，加强每日的巡查。对一般性的风险采取相应的减少措施，通过优化流程和加强管控来减小其对企业的影响。将高风险的防范和转移相结合，例如购买工程保险，签订分包安全合同等。对于严重的危险，要采取防范措施，停工停产，经整改后才能恢复生产。具体的防控对策应涵盖四个维度：即在技术上，通过对施工方案的优选和推广装配式建造等，从根源上减少风险。管理方法完善安全责任制，加强现场巡查，建立隐患整改闭环。通过对员工进行岗前培训和特殊技能演练，增强员工的安全意识。应急处置：健全应急预案，配备应急救援设备，并构建应急联动机制。基于物联网、大数据等技术，建立基于物联网和大数据的智能监测系统，实现对基坑沉降、塔吊垂直度、风速、降雨等重要指标的实时监控，当发现异常情况发生时，会及时向相关人员发送报警信息^[3]。

2 公路桥梁施工全过程质量管理体系的构建

2.1 施工准备期的质量控制

(1) 详细编制施工方案

施工方案的编制必须按照“制定—审查—论证—批准”的程序进行，确保项目的实施和验收。在制定施工计划时，要根据工程地质条件、施工环境和资源的调配，确定施工方法、质量控制参数和紧急处理方法，例如，在深基坑支护设计中，需要确定支护结构的选择和沉降监测频次等重要参数。在审批过程中，应由企业主要技术主管进行审查，并由业内专业人员对项目进行验证，主要是对项目的可行性和安全进行评价，通过后才能进行^[4]。

(2) 原材料质量控制

把原料和结构件的检验和验收作为产品的重要环节，要按照“先检查，后使用”的原则进行。在采购原材料的时候，要对生产厂家的资质、产品合格证和质量检验报告等进行核实，对核心材料如钢筋、水泥、沥青等，按照规范的规定，进行现场检验，检验内容包括力学性能、化学组成、耐久性等重要参数，不合格的材料一律不准进入。预制梁和预应力锚具等构件进入工地后，除了要核对工程材料以外，还要对其外形和主要尺寸进行检验，对于关系到结构安全性的构件，还要进行破坏性试验或者第三方检验，以保证其满足设计需要。

(3) 施工人员和设备质量控制

建设队伍的培养和机器装备的投入要同时进行。所有的建筑工人都要经过入职前的质量安全教育 and 专业技术考试，通过考试，才能够进入工作岗位。对于焊工、起重设备等特殊工作人员，要进行严格的审核，并进行特殊的技能升级训练。在对塔吊、架桥机、混凝土搅拌站等重要设备进行测试时，需要根据设备的规格和建设计划来对其进行测试，主要是对设备的精度、运行稳定性和安全保护设备的效果进行核实，在通过了测试之后，还需要提供一份测试报告，并在此基础上，对设备的维修职责进行详细的说明。

2.2 施工过程中进行质量管理

(1) 施工中对关键工序进行精细化管控

针对基础工程、钢筋工程、混凝土工程、预应力工程等重要过程，需要制定工序示范引领体系，通过试验验证，制定标准化的施工技术，并将其应用到整个工程中。在基坑的开挖尺寸、承载能力的检验和地基的处理等方面，在桩的施工中要严格控制成孔的垂直度、泥浆指标和灌注的连续性，防止出现断桩、缩颈等不良现象。在钢筋施工中，钢筋的加工、连接和安装要标准化，特别是对钢筋的规格、间距、保护层厚度和焊缝的质量进行检查，以保证满足设计和规范的规定^[5]。在配合比设计、原材料计量、搅拌和运输以及浇捣等方面进行严格的控制，特别是对大体积混凝土的控制，特别是对大体积混凝土的

温度控制，避免产生开裂；为了保证张拉结果的准确性和完整性，必须对预应力筋的张拉时机、张拉应力和施工质量进行严格的监控。

(2) 隐蔽工程质量管理

隐蔽工程的验收包括基础处理，钢筋施工，预埋件安装等。施工单位在进行竣工验收之前，必须进行自我检查，并递交有关的施工记录和测试报告；施工单位、监理单位和设计单位都要参加，主要是对项目的实际质量和材料的完整性进行检查，对于不符合标准的地方要发出整改通知书，规定整改的条件和期限，在整改完毕并进行复检之后，才能进行下一步的工作。建设工程质量验收工作需要建立“实地检验+实验室检验+抽检”的多层次检验机制^[6]。在工程建设中，主要针对混凝土的坍落度、保护层厚度和地基承载力等方面的问题，利用移动测试装置对其进行实时监控，从而保证了整个工程的质量控制。通过在有资格的试验室进行试验，对原材料性能、混凝土强度和预应力筋的力学性能进行测试，并对测试结果进行规范和程序，确保测试结果的准确性和可靠性。

2.3 竣工验收阶段质量管理

(1) 工程全面质量检查

对工程进行全面的质量检查，需要进行全面和标准化的审计。数据检查管理的内容包括施工图纸，设计变更，施工记录，测试报告，验收记录等，主要是检查材料是否齐全，填写是否规范，数据是否准确，签字盖章是否齐全，对于缺少或者不规范的信息，需要要求建设方进行补充和完善，以保证整个项目的建设进程和质量情况都能得到充分地体现，为项目的验收和后续的运营管理工作奠定基础。质量管理包括外表质量检查主要检查建筑物外表有无裂缝，蜂窝，麻面等缺陷，并按检查结果分级；通过高精密的测试仪器，对桥梁的跨径、梁高、墩柱垂直线等重要参数进行检验，保证与设计误差相一致；采用回弹法、钻芯法等非破坏性测试和损伤测试方法，对混凝土结构的整体强度进行综合评价，并对混凝土的碳化深度和钢筋腐蚀程度等进行验证。

(2) 质量问题整改

对于在建设中出现的一些质量问题，要马上停止有关的工作，并由专业的工程师对问题的原因进行剖析，并提出有针对性的整改计划，确定整改责任人、整改措施和整改期限；修正后的产品要经过质检部门的检验，以保证产品的一致性；并在此基础上，对问题的描述、原因分析、整改过程和验收情况进行了详尽的记录，达到了对产品的可追溯性和可验证性，防止类似的问题再次出现。

3 典型案例分析与展望

3.1 安全风险评估在全过程质量管理案例工程中的应用

以G340 临朐—沂水段沂河大桥为例，主桥为(70+120+70)

m的预应力混凝土连续刚构桥，引桥为30m装配T梁，桥全长1680米。该桥位于沂河干线（IV型）内，上部为深厚的淤泥质粘性土，下部为强风化花岗岩，部分地段发育有喀斯特裂缝，周围有110kV高压电缆和DN800供水管道，工程条件较为复杂。通过文件总结+实地调查+专家访问+FTA相结合的方式对危险来源辨识，共有56个危险来源，并与前面建立的3个评价指标系统相结合，选择5个一级指标、18个二级指标和42个三级指标，利用AHP-熵权联合确定指标权重，其中深基坑施工、架桥机作业、汛期施工等指标权重占比均超15%。以预规划—过程控制—闭环改善的品质控制系统为研究对象，对其进行了优化设计。在前期规划中，对钢构桥合拢段进行了详细的设计文档审查，并进行了特殊的技术说明；在全流程管理中，采用示范引领+三检制，在重点工艺环节设立质量监控点，对隐蔽项目进行验收，实行施工、监理和施工三位一体。通过风险评估将桥梁建设期间的风险进行评估，并提出针对性应对方案，能够显著降低施工安全风险，保障工程平稳进行。

3.2 总结与展望

公路桥梁施工以“风险源辨识—精细分类—动态控制”为关键，以多手段进行风险源辨识，科学设置指标的权值和临界值，达到对风险的提前预警和针对性处理，为解决复杂条件下

的桥梁建设安全问题提供系统的技术支持。建立全程品质管理系统需要紧密结合整个建设阶段的特点，将建设过程中的基础保障、过程中的关键工序控制、验收阶段的实体和数据的双重验证作为重点，可以有效地提高项目的质量稳定性。在未来全过程质量管理和风险提升还需要建立融合物联网和人工智能的智能风险评价方法，利用实时监控数据对各指标的权重进行动态标定，提高对极端环境风险的预测水平。构建以BIM+GIS为基础的质量管理信息系统，对工程全流程进行可视化控制，并对质量数据进行跟踪；拓宽研究领域，构建涵盖设计、建设、运营和维护等全生命周期的安全与品质协调管理系统，促进道路桥梁施工管理向精细化、智能化和长效化方向发展。

4 结语

安全风险评估与全过程质量管理体系的构建是保障公路桥梁建设工程的重要依据，从实际角度看，这两个系统的落地和执行，可以很好地解决了以往施工中存在的滞后和分散的问题，为项目施工的安全和品质奠定了坚实的基础。在此背景下，随着智能化和数字化技术的深入结合，建立面向全寿命周期的全寿命周期协调管控系统，不断推进道路桥梁项目的高效、精准和长效发展。

参考文献：

- [1] 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.
- [2] 马永辉.公路桥梁施工质量控制及养护管理研究[J].运输经理世界,2025,(25):115-117.
- [3] 王泽顺.公路桥梁施工质量与安全管理分析[J].运输经理世界,2025,(21):76-78.
- [4] 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(02):121-124.
- [5] 马健.公路桥梁施工安全风险总体评估及控制对策分析[J].运输经理世界,2023,(27):88-90.
- [6] 周力.公路桥梁施工安全风险总体评估及控制对策[J].现代职业安全,2023,(02):62-64.