

# 路桥隧道施工阶段质量管理常见问题及对策

吴志煌

福建省交通建设工程监理咨询有限公司 福建 福州 350000

**摘要:** 路桥隧道施工阶段质量管理常见问题包括: 施工工艺不规范, 如混凝土浇筑不密实、钢筋连接不牢固; 材料质量不达标, 如水泥强度不足、钢筋锈蚀; 设备老化影响施工精度; 管理不善导致进度延误、成本超支; 安全防护不到位、人员安全意识淡薄。对策为加强工艺培训、严格材料检验、定期维护设备、优化管理流程、强化安全防护与教育, 并建立有效沟通协调机制, 确保质量、安全、进度与成本全面受控。

**关键词:** 路桥隧道; 施工阶段; 质量管理; 常见问题; 对策

引言: 路桥隧道工程作为国家基础设施建设的关键组成部分, 其施工质量直接关系到交通安全与使用寿命。然而, 在施工阶段, 受复杂地质条件、多工种交叉作业、材料设备差异及人为管理等因素影响, 质量管理面临诸多挑战。常见问题如工艺缺陷、材料不合格、设备故障、管理漏洞及安全隐患等, 不仅可能导致工程返工, 更可能引发严重安全事故。因此, 深入剖析问题成因并制定有效对策, 对保障工程质量、提升建设效益具有重要意义。

## 1 路桥隧道施工阶段质量管理核心要素

### 1.1 质量管理体系框架

(1) 全生命周期管理阶段划分需贯穿设计、施工、验收、运维全流程, 其中施工阶段作为质量形成的关键环节, 需衔接设计阶段的技术要求, 为验收阶段提供合格成果, 同时为运维阶段留存完整质量数据, 形成各阶段闭环管控。(2) 施工阶段质量管理关键环节聚焦材料、工艺、监测、验收四大核心。材料是质量基础, 需严格把控进场检验; 工艺是质量保障, 需规范作业流程; 监测是风险预警, 需实时跟踪关键指标; 验收是质量把关, 需严格执行验收标准。

### 1.2 质量影响因素分析

(1) 人为因素是核心影响因素, 施工人员技能直接决定作业质量, 需强化岗前培训与技能考核; 管理团队经验影响管控效率, 需配备专业素养高、经验丰富的管理人才, 保障管理流程顺畅。(2) 材料因素关乎工程根基, 原材料质量需符合设计标准, 严格落实进场检验制度; 半成品加工精度影响装配质量, 需加强加工过程管控, 确保尺寸偏差在允许范围内。(3) 机械因素影响施工效率与质量, 设备性能需满足施工需求, 进场前全面检修; 建立定期维护机制, 及时处理设备故障, 避免因设备问题导致质量隐患。(4) 方法因素决定施工科学性, 施工工艺需结合工程地质条件优化, 确保技术可行; 技

术交底需清晰详尽, 确保施工人员准确掌握工艺要点与质量要求<sup>[1]</sup>。(5) 环境因素具有不确定性, 地质条件复杂易引发坍塌等问题, 需提前勘察并制定应对方案; 气候条件影响施工进度与质量, 需根据天气调整施工计划; 施工场地限制需合理规划布局, 保障作业空间与安全距离, 减少对施工质量的干扰。

## 2 路桥隧道施工阶段常见质量问题分类与成因

### 2.1 路基与桥梁工程典型问题

(1) 路基沉降不均均是路基工程核心隐患, 易导致路面开裂、平整度下降。核心成因一是填料压实度不足, 施工中未严格控制填料含水率与压实工艺, 局部区域压实度未达设计标准, 后期受荷载作用产生不均匀沉降; 二是地下水影响, 地下水位过高或排水系统不完善, 导致路基土体软化, 承载力下降, 引发沉降变形。(2) 桥梁结构裂缝直接影响结构耐久性与安全性, 多表现为梁体、墩柱表面裂缝。成因主要包括混凝土配比不当, 胶凝材料用量、水灰比控制失衡, 导致混凝土收缩应力过大; 养护缺失, 混凝土浇筑后未及时保湿养护, 表面水分快速蒸发引发干缩裂缝; 预应力损失, 张拉工艺不规范或锚具失效, 导致结构受力不均产生裂缝。(3) 支座安装偏差易造成桥梁受力异常, 诱发结构病害。主要成因是测量误差, 施工前测量放线精度不足, 支座定位基准偏差; 二是安装工艺不规范, 支座安装时未保证水平度、垂直度, 或灌浆不密实, 导致支座受力不均, 影响桥梁整体受力稳定性。

### 2.2 隧道工程典型问题

(1) 隧道衬砌渗漏水是隧道工程高发问题, 严重影响行车安全与结构寿命。成因主要为防水层破损, 施工中防水层铺设不平整、焊接不严密, 或受后续施工碰撞损坏; 二是排水系统堵塞, 盲沟、排水管被泥沙淤积, 雨水、地下水无法顺利排出, 在衬砌背后形成水压, 从破

损处渗漏。(2) 围岩变形超限易引发隧道坍塌风险, 威胁施工安全。核心成因是支护强度不足, 支护参数未适配地质条件, 或支护结构施工质量不达标; 二是开挖方法不当, 在复杂地质区域未采用分步开挖、及时支护的工艺, 导致围岩暴露时间过长, 应力释放过大引发变形超限。(3) 隧道断面尺寸偏差影响后续铺装与通风系统安装。主要成因是测量控制不严, 施工过程中未定期复核断面尺寸, 导致开挖轮廓偏离设计值; 二是模板安装误差, 衬砌模板定位不精准、支撑不牢固, 浇筑过程中发生位移, 造成断面尺寸偏差<sup>[2]</sup>。

### 2.3 共性问题

(1) 施工记录造假破坏质量管控闭环, 以隐蔽工程验收数据失真最为突出。成因多为施工单位为规避整改、加快进度, 人为篡改材料检验报告、工序验收记录等关键数据, 监理单位监管缺位也加剧了该问题发生。(2) 质量检测滞后导致质量隐患难以及时处置, 核心成因是第三方检测覆盖不足, 部分关键工序、隐蔽工程未按规范开展平行检测; 检测流程衔接不畅, 检测结果反馈不及时, 无法为施工调整提供及时依据。(3) 应急预案缺失导致突发地质灾害响应不足, 成因是施工单位风险意识薄弱, 未结合工程地质、气候特点制定针对性应急预案; 应急演练流于形式, 施工人员应急处置能力不足, 突发灾害时无法快速有效应对, 加剧质量与安全风险。

## 3 路桥隧道施工阶段质量问题成因的系统性分析

### 3.1 管理层面

(1) 质量责任体系不清晰是管理层面的核心症结, 尤其体现在分包单位权责模糊。工程分包环节中, 总包与分包单位的质量责任划分不明确, 存在责任推诿漏洞, 部分分包单位缺乏独立的质量管控机制, 过度依赖总包监督, 导致质量问题出现后难以精准追责, 弱化了全链条质量管控力度。(2) 动态监控机制缺失制约了质量管控的时效性, 关键表现为BIM技术应用不足、物联网监测覆盖率低。传统监控模式难以实现施工全过程可视化、数字化管理, BIM技术未充分应用于施工模拟、碰撞检查等关键环节; 物联网设备在围岩变形、结构应力等核心指标监测中的覆盖范围有限, 无法实时采集数据并预警风险, 导致质量隐患难以及时发现。

### 3.2 技术层面

(1) 施工工艺落后难以适配复杂施工环境, 例如传统支护方式在岩溶、断层等复杂地质区域的适应性较弱。传统支护多采用固定参数的喷锚、钢支撑等方式, 无法根据围岩实时变形情况动态调整支护强度和方式, 易引发支护失效、围岩坍塌等质量问题。(2) 新材料应用存在

技术风险, 以高性能混凝土为例, 其在提升工程耐久性的同时, 存在早期开裂问题。施工单位对新材料的性能特点、适配工艺掌握不足, 未针对性调整配合比和养护方案, 导致高性能混凝土在凝结硬化阶段因收缩应力失衡产生早期裂缝, 影响结构整体性。

### 3.3 人员层面

(1) 技能培训不足直接影响施工操作质量, 特种作业人员持证率低问题尤为突出。架子工、爆破工等特种作业人员未接受系统的技能培训和考核, 缺乏规范操作意识, 在关键工序施工中易出现操作偏差, 如爆破参数控制不当、钢筋绑扎不规范等, 埋下质量隐患。(2) 质量意识淡薄是普遍存在的主观诱因, “重进度轻质量”的现象广泛存在。施工单位为追赶工期, 在关键工序中简化流程、降低标准, 施工人员受此导向影响, 忽视细节质量管控, 对材料检验、工序验收等关键环节敷衍了事, 人为放大了质量风险。

### 3.4 环境层面

(1) 极端气候影响具有突发性, 易直接引发质量安全问题, 例如暴雨天气易导致基坑坍塌、路基冲刷。极端气候超出常规施工预案范畴, 施工单位未制定针对性的应急施工方案, 暴雨引发地下水位骤升, 基坑边坡土体软化、失稳, 进而导致坍塌, 破坏已施工结构质量。(2) 地质条件复杂性带来不可预见风险, 岩溶、断层等特殊地质易引发质量隐患。前期地质勘察精度不足, 未能全面探明岩溶发育范围、断层分布情况, 施工方案缺乏针对性应对措施, 在穿越此类区域时易出现突水突泥、结构沉降等质量问题, 增加施工质量管控难度。

## 4 路桥隧道施工阶段质量管理优化对策

### 4.1 技术优化对策

(1) 推广智能化监测技术应用, 提升质量风险预警能力。引入无人机巡检技术, 实现桥梁主梁、隧道洞口等高空、偏远区域的全覆盖可视化检查, 精准识别裂缝、沉降等隐蔽缺陷; 在围岩、路基、桥梁结构等关键部位布设应力、位移传感器, 构建实时数据反馈网络, 将监测数据与预设阈值联动, 一旦出现异常立即触发预警, 保障施工过程质量可控。(2) 搭建数字化施工管理平台, 实现质量管控协同高效。基于BIM+GIS技术集成构建可视化管理系统, 将设计图纸、施工方案、地质勘察等数据融入三维模型, 实现施工全过程模拟推演与碰撞检查, 提前规避设计与施工冲突; 建立质量数据云端共享中心, 整合材料检验、工序验收、监测数据等全链条信息, 授权参建各方实时查阅、协同审批, 打破信息壁垒, 提升质量管控效率<sup>[3]</sup>。(3) 加快新工艺推广应用, 适配复杂工程

需求。隧道工程推广机械化配套施工,采用全断面掘进机、智能喷锚机器人等设备,减少人为操作偏差,提升开挖精度与支护质量;桥梁工程大力发展装配式构件施工,通过工厂标准化生产提升构件精度,现场简化安装流程,缩短施工周期的同时,降低现场浇筑带来的质量波动,保障结构施工质量。

#### 4.2 管理机制优化

(1) 构建全过程质量追溯体系,实现质量责任可查可追。对原材料、半成品、关键工序采用二维码唯一标识,扫码即可获取材料产地、检验报告、施工人员、验收结果等全生命周期信息;引入区块链存证技术,对隐蔽工程验收、关键检测数据等核心信息进行加密存储,确保数据不可篡改,为质量问题追溯提供可靠依据,强化各环节责任意识。(2) 建立动态风险评估机制,提升风险预判能力。基于大数据技术构建质量风险预警模型,整合历史工程质量问题数据、当前施工监测数据、地质与气候数据等,通过算法分析精准识别高风险工序与环节;定期开展风险评估,根据评估结果动态调整管控重点与施工方案,实现“预防为主、提前管控”的质量管控目标。(3) 完善分包单位信用评价体系,强化分包质量管控。建立分包单位信用档案,从施工质量、安全管理、履约能力等维度开展常态化评价;推行“黑名单”制度,对存在质量造假、严重违规操作的分包单位,限制其参与后续项目投标,通过市场约束倒逼分包单位强化内部质量管控,规范施工行为<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 人员能力提升

(1) 开展标准化技能培训,提升施工人员专业素养。搭建VR模拟施工培训平台,还原复杂地质、高空作业等高危场景,让施工人员在虚拟环境中演练关键工序操作,提升应急处置与规范操作能力;建设工法视频库,整合优秀施工案例、规范操作流程等资源,方便施工人员随时学习查阅,实现培训常态化、标准化,提升特种作业人员持证率与操作水平。(2) 落实质量责任终身制,明确关键岗位权责边界。制定关键岗位质量责任清单,明确项目经理、技术负责人、施工班组长等核心人员的质量职责,签订质量终身责任承诺书;将质量履职情况与绩效考核直接挂钩,对严格履职、避免重大质量隐患的人

员给予奖励,对失职渎职导致质量问题的严肃追责,强化全员质量责任意识。

#### 4.4 环境适应性策略

(1) 制定极端天气施工专项预案,降低气候影响。针对高温、暴雨、严寒等极端天气,细化施工管控措施:高温天气优化混凝土配合比,添加缓凝剂,强化养护保湿;暴雨天气提前加固基坑边坡、完善防洪排水系统,暂停露天作业,雨后全面排查路基、基坑稳定性;严寒天气做好材料保温、混凝土防冻养护,确保恶劣环境下施工质量不受影响<sup>[5]</sup>。(2) 推行地质灾害动态设计,提升地质适应性。加强施工过程地质补勘,结合实时监测数据动态研判地质条件变化;对岩溶、断层等复杂区域,建立“监测-分析-调整”闭环机制,根据围岩变形、应力监测数据及时优化支护参数,调整施工工法,避免因地质条件误判导致的支护失效、结构沉降等质量问题,保障工程质量与施工安全。

#### 结束语

路桥隧道施工阶段的质量管理,是确保工程安全、耐久与经济性的核心环节。针对施工中常见的工艺缺陷、材料失准、设备故障及管理疏漏等问题,唯有通过强化技术培训、完善检验机制、优化设备维护、健全管理体系并落实安全责任,方能实现质量可控。未来,随着智能监测与数字化管理技术的普及,施工质量管理将迈向更精细化、科学化的方向,为打造高品质基础设施提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]张波.路桥隧道工程施工技术与质量控制分析[J].交通建设与管理,2025,(04):113-115.
- [2]赵生军.复杂环境条件下路桥隧道工程施工安全风险预测[J].江苏航运职业技术学院学报,2023,22(02):37-43.
- [3]李明江.路桥隧道工程开挖支护的施工要点分析[J].运输经理世界,2023,(12):105-107.
- [4]段玉静.复杂地质条件下公路隧道施工技术应用分析[J].时代汽车,2024(17):187-189.
- [5]熊卓品.公路桥梁施工工程监理问题识别与解决方法[J].石油化工建设,2024,46(1):134-136.