

Research on Key Quality Control Points and Practical Application of Key Processes in Road, Bridge and Tunnel Construction

Tingshu Hu

Yunnan Jiaotou Public Construction Energy Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

With the acceleration of transportation infrastructure construction, quality control of road, bridge, and tunnel engineering has become the core to ensure safety and extend service life. This study focuses on the quality control of key construction processes, using various methods such as literature research and case analysis to systematically sort out the core key processes of roads, bridges, and tunnels. It clarifies the quality control points of each process in terms of material selection, process parameters, and process monitoring, and deeply analyzes the mechanism of the five influencing factors of personnel, materials, equipment, environment, and management. By combining three representative cases of highways, large bridges, and extra long tunnels, the effectiveness of control points is verified, and problems and experiences are summarized. Four improvement strategies are proposed to build a scientific and perfect quality control system, providing practical reference for similar projects and helping the industry to refine and standardize quality control.

Keywords

road, bridge, tunnel construction; Key points of quality control; Practical application; enhancement strategy

路桥隧施工关键工序质量控制要点及实践应用研究

胡廷树

云南交投公建能源工程有限公司，中国·云南昆明 650000

摘要

随着交通基础设施建设提速，路桥隧工程质量控制成为保障安全、延长寿命的核心。本研究聚焦其施工关键工序质量控制，采用文献研究、案例分析等多种方法，系统梳理道路、桥梁、隧道三大类工程核心关键工序，明确各工序在材料选择、工艺参数、过程监测等方面的质量控制要点，深入分析人员、材料、设备、环境、管理五大影响因素作用机制。结合高速公路、大型桥梁、特长隧道三类代表性案例，验证控制要点有效性并总结问题与经验，提出四大提升策略，构建科学完善的质量控制体系，为同类工程提供实用参考，助力行业质量管控精细化、标准化发展。

关键词

路桥隧施工；质量控制要点；实践应用；提升策略

1 引言

随着经济发展与城市化推进，路桥隧工程作为交通基础设施核心，对区域经济协同、民生保障意义重大，但施工受多重因素影响，质量控制面临挑战。本研究围绕其施工关键工序质量控制展开，先梳理施工流程识别关键工序，从原材料、工艺参数、过程监测等维度剖析控制要点，再通过多个代表性工程案例总结经验、分析问题并提出改进措施，最终构建涵盖管理制度、流程及责任追溯机制的完整质量控制体系。研究综合运用文献研究法奠定理论基础，结合案例分析法实现理论与实践结合，通过实地调研获取一手数据，借助专家访谈拓宽思路，确保研究科学有效，为同类工程提供

实用参考，助力行业可持续发展^[1]。

2 路桥隧施工关键工序质量控制要点

道路施工质量控制要点中，路基填筑作为基础直接关系到道路稳定性与使用寿命，核心把控材料选择、填筑厚度及压实度检测：材料优先选用透水性好、强度高、压缩性小的砂砾石、碎石土等，粘性土需控制在最佳含水量范围，严禁使用腐殖土等不合格材料，必要时添加石灰改良，某高速公路通过勘察土源、选合格填料并改良粘性土保障材料质量；填筑厚度结合填料、设备及设计要求确定，每层不超 30-50 厘米，需保证平整度与横坡度，某市政道路以 35 厘米分层填筑并整平，为压实奠基；压实度采用灌砂法等规范检测，按每 1000 平方米不少于 2 点频率检测，不合格及时处理，某国道改建工程通过专业检测确保压实度达标；路面摊铺需从摊铺机参数调整、摊铺速度控制、碾压工艺选择入手：摊

【作者简介】胡廷树（1990-），男，中国云南昭通人，本科，助理工程师，从事公路施工研究。

铺机参数根据路面结构等调整,保障布料均匀、振捣充分、摊铺精度,某城市快速路经反复调试提升质量;摊铺速度控制在2-6米/分钟,匀速连续作业,某高速公路优化混合料供应确保稳定摊铺;碾压遵循“先轻后重、先静后振、先慢后快”原则,分初压(轻型静压2-3遍,1.5-2公里/小时)、复压(重型及振动压实4-6遍,3-5公里/小时)、终压(轻型静压2-3遍,2-3公里/小时)三阶段,某机场跑道精准把控工艺满足高标准要求。

桥梁施工质量控制要点中,基础施工需把控地基承载力检测、钢筋加工安装及混凝土浇筑:地基承载力通过标准贯入试验等确定,某大型桥梁用载荷试验数据后以强夯法加固;钢筋加工严控尺寸参数,连接方式符合要求,安装确保位置、数量等达标,某城市桥梁通过抽样检验、数控加工等保障质量;混凝土浇筑前检验原材料并确定配合比,浇筑中振捣密实,大体积混凝土采取温控措施,某跨江大桥通过分层浇筑与温控避免裂缝;上部结构中预制梁需控外观与尺寸偏差,采用高精度钢模板,控制混凝土坍落度与振捣,加强养护并精准测量尺寸;现浇箱梁需先检查模板钢筋,分层浇筑(每层不超30厘米),振捣棒插入下层5-10厘米,控制坍落度160-200mm、浇筑温度5-30℃,夏冬季采取对应温控措施,养护不少于7天,某城市立交桥按规范施工确保强度与整体性。2.3 隧道施工质量控制要点中,洞身开挖需控超欠挖与优化爆破参数:超欠挖采用全站仪等设备精准定位,加强人员培训,某高速公路隧道用光面爆破技术严控参数;爆破参数根据围岩等条件综合确定,某铁路隧道针对不同围岩调整参数,采用微差爆破等优化工艺;支护施工需把控锚杆锚固力、喷射混凝土强度与厚度及二次衬砌钢筋保护层厚度:锚杆选用合格材质,确定合理长度与间距,某山岭隧道严格检验安装并检测锚固力;喷射混凝土严控原材料与配合比,控制喷射压力与厚度;二次衬砌精准布置钢筋,控制保护层厚度,模板安装达标,混凝土浇筑振捣密实并养护,全面保障隧道稳定与安全^[2]。

3 影响路桥隧施工质量的因素分析

人员、材料、设备、环境、方法、管理六大因素共同影响路桥隧施工质量:人员因素是核心,施工人员需具备扎实专业知识与熟练操作技能,如钢筋焊接需精准把控参数,同时需强责任心以严格执行质量标准,施工管理人员的组织协调与决策能力也直接关乎施工计划落实与问题解决;材料质量是基石,水泥、钢材等原材料的强度、耐久性需符合设计规范,存储中需针对性防护(如水泥防潮、钢材防锈),采购环节要选择优质供应商并严格检验进场材料;施工设备的性能与维护状况至关重要,先进设备能保障施工精度(如摊铺机影响路面平整度),需建立健全设备管理制度,定期维护保养并规范操作,避免故障导致工期延误与质量隐患;环境因素中,地质条件(如断层、软土地基)需针对性采取

支护或加固措施,气候条件(高温、低温、强风暴雨)需通过原材料温控、添加外加剂、保温养护等方式降低不利影响;施工方法是保障质量的关键手段,需结合工程类型、地质条件与设计要求科学制定,贯穿施工全流程,在道路施工中,路基填筑需遵循“分层摊铺、分层压实”原则,管理因素贯穿全程,完善的质量管理体系能明确责任与落实控制措施,合理的施工组织需科学安排施工顺序、配置人材机,严格的质量检验需明确标准方法,确保及时发现并整改问题,全方位保障工程质量与安全。

4 路桥隧施工关键工序质量控制的实践应用案例

4.1 某高速公路施工案例

该高速全长150公里,途经多地形,以路基填筑和路面摊铺为质量控制核心。路基填筑中,平原段基底强夯至压实度95%以上,丘陵段换填1-2米砂砾石,选用含泥量≤5%的砂砾土和8%-10%石灰改良土,分层30厘米填筑压实6-8遍,压实度达96%以上。路面摊铺采用ABG8820摊铺机,调试参数后以3-4米/分钟匀速作业,碾压分三阶段实施,最终路面压实度≥98%,平整度标准差≤0.5mm。工程指标达标,运营无明显病害,但需加强人员培训与质量体系完善。

4.2 某大型桥梁施工案例

该桥全长2.5公里,主桥为斜拉桥、引桥为连续箱梁,基础与上部结构是控制重点。基础采用1.5米桩径钻孔灌注桩,以冲击钻+回旋钻攻克孤石与砂层难题,严控泥浆参数(比重1.1-1.3、粘度18-22秒),混凝土坍落度18-22厘米连续浇筑,桩体质量达标。主桥悬臂浇筑用菱形挂篮(预压控形),线形偏差≤±5mm;引桥满堂支架现浇强化地基处理与支架搭设,结构质量优良。工程克服复杂地质难题,但需优化施工场地规划与人员安全培训。

4.3 某特长隧道施工案例

该隧道全长8公里,最大埋深1200米,穿越断层与岩溶区,以洞身开挖和支护为关键。钻爆法施工中,依地质优化爆破参数,微差爆破控制超欠挖(超挖≤10厘米、欠挖≤5厘米)。初期支护采用锚杆+喷射混凝土+钢支撑联合体系,湿喷混凝土厚度20-25厘米;二次衬砌用液压台车分层浇筑,坍落度16-20厘米,养护≥14天。隧道指标达标、无渗漏水,但需合理安排施工工时与设备维护。

5 提升路桥隧施工关键工序质量控制的策略

5.1 加强人员培训与管理

施工人员的技术水平和质量意识是工程质量的核心保障,加强人员培训与管理是质量控制的首要任务。施工单位需构建多层次培训体系,覆盖新员工入职培训、在职人员技术提升培训及管理人员专项培训:新员工培训聚焦工程流程、规范及安全要求;在职人员按岗位精准施策,如摊铺机

操作人员侧重设备操作与故障排除,钢筋工强化加工与连接技术;管理人员培训聚焦质量管理与施工组织,提升统筹能力。为提升培训效果,采用传统课堂讲授、现场示范、在线学习平台、VR/AR 实操模拟等多元化教学方式,邀请行业专家通过案例分析解读质量控制难点。建立科学考核与激励机制,从工作质量、效率、安全意识等维度全面评估,对优秀人员给予物质奖励与晋升优先,不合格者再培训或调整岗位,以双重激励激发全员责任心,提升队伍整体素质。

5.2 严格材料与设备管理

材料与设备作为施工物质基础,其质量直接决定工程安全与耐久性,需从采购、检验、存储及设备运维全流程管控。材料采购环节,应制定精准采购计划,依据工程进度合理规划数量与时间,全面评估供应商信誉、产能及产品质量,优先选择优质供应商并签订质量保证协议,明确责任义务。材料检验需建立完善制度,配备专业人员与先进设备,对进场材料开展外观、尺寸、性能全维度检验,水泥、钢材等关键材料需抽样送检,不合格材料坚决退货,杜绝流入施工现场。材料存储按特性分类管理,水泥存放于干燥通风仓库,钢材采取防雨防锈措施,建立库存管理制度,定期盘点检查,防止材料变质损坏。设备管理方面,构建健全管理制度,制定详细维护保养计划,明确内容、时间及责任人,日常做好清洁、润滑、检修,及时更换磨损部件,确保设备处于良好运行状态。结合技术发展适时更新设备,引进自动化、高精度施工设备,如数字化预应力张拉设备,提升施工效率与质量控制精度,降低人为误差^[3]。

5.3 优化施工技术与工艺

科技创新是提升质量控制水平的关键途径,需积极引进应用新技术、新工艺,优化传统施工模式。道路施工中,推广智能摊铺技术,通过传感器与控制系统实时监测并自动调整摊铺厚度、平整度及压实度,减少人为影响;应用温拌沥青技术,在低温下实现混合料拌和摊铺,降低能耗与污染,提升路面压实性能与耐久性。桥梁施工领域,BIM 技术的应用实现全流程可视化管理,通过三维模型优化施工方案、预判潜在问题,施工中对比现场实际与模型数据,实时监控进度与质量,减少变更返工;节段预制拼装技术将桥梁结构分节工厂预制、现场拼装,兼具施工快速、质量易控、环境影响小等优势,显著提升施工效率与结构精度。

隧道施工中,信息化施工技术通过布置传感器实时监测围岩变形、应力及地下水参数,数据分析后为施工决策提

供科学依据,超预警值时及时启动支护措施;盾构法施工技术在软土地层中实现快速、安全、环保掘进,适配复杂地质条件,减少对周边环境的扰动,保障施工安全与质量。

5.4 强化施工质量管理体系

完善的质量管理体系是质量控制的制度保障,需构建全流程、全覆盖管控机制。施工单位依据法律法规与行业标准,制定含质量手册、程序文件、作业指导书及质量记录的体系文件,分别明确方针目标、规范管理流程、细化工序要点、提供追溯依据,确保管理有章可循。明确各岗位职责,项目经理为第一责任人统筹质量,技术负责人主导技术方案与问题解决,质检部门负责检验监督,施工班组及操作人员对岗位质量直接负责,形成全员参与、全过程控制格局。施工前会审图纸、组织技术交底、评审施工方案;施工中严格执行“三检制”,关键工序实行旁站监理,严控合规性。按国家行业规范验收分项、分部及单位工程,提供完整资料,验收合格方可推进;不合格工程需分析原因、落实整改并重新验收,筑牢质量防线。通过体系化、标准化管理,确保工程质量全程可控、符合要求。

6 结语

本研究明确路桥隧施工核心关键工序:道路的路基填筑(材料、厚度、压实度)与路面摊铺(设备参数、速度、碾压工艺),桥梁的基础(地基承载力、钢筋、混凝土)与上部结构(预制梁质量、现浇箱梁浇筑),隧道的洞身开挖(超欠挖、爆破参数)与支护(锚杆锚固力、喷射混凝土、二次衬砌),并提出针对性质量控制要点。经高速公路、大型桥梁、特长隧道三类案例验证,要点有效保障工程安全稳定,指标符合规范。研究存在案例覆盖不全、新技术研究不深等局限,未来可引入 AI、大数据等技术,完善质量管理体系、强化人员培训,提升质量控制精细化水平。

参考文献

- [1] 周纪宏.浅议道路改造施工监理质量控制要点[C]//中国智慧工程研究会.2025工程新技术与新方法经验交流会论文集.苏州市水利建设监理有限公司,2025:294-296.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.061442.
- [2] 宋永海.公路桥梁施工关键技术要点与质量控制措施研究[J].运输经理世界,2025,(12):86-88.
- [3] 李献民,李志双,史向群.隧道施工规范化管理控制[M].中国铁道出版社:202207:391.