

公路路基和桥梁工程施工中的质量控制对策

王浙健

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江 杭州 311305

DOI:10.61369/UAID.2025040015

摘 要： 公路路基与桥梁工程是公路交通网络的核心组成部分，其施工质量直接决定路网通行安全、使用寿命与运维成本。本文以公路路基和桥梁工程为研究对象，结合施工全流程特点，分析两类工程在质量控制中面临的共性与差异化问题——路基工程聚焦压实度不足、边坡失稳、路基沉降等隐患，桥梁工程侧重桩基质量缺陷、混凝土开裂、支座安装偏差等风险。在此基础上，从施工准备、过程管控、检测验收三个阶段，提出针对性质量控制对策，包括完善质量管控体系、强化材料与设备管理、优化工序衔接、创新检测技术应用等，旨在为公路路基和桥梁工程施工质量提升提供实践参考，保障公路工程长期稳定运行。

关 键 词： 公路工程；路基施工；桥梁施工；质量控制；工序管控；检测技术

Quality Control Countermeasures in the Construction of Highway Subgrade and Bridge Engineering

Wang Zhejian

Zhejiang Jiaogong Hongtu Transportation Construction Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang 311305

Abstract： Highway subgrade and bridge engineering is the core component of the highway transportation network, and its construction quality directly determines the traffic safety, service life and operation and maintenance costs of the road network. This paper takes highway subgrade and bridge engineering as the research objects, and combines the characteristics of the entire construction process to analyze the common and differentiated problems faced by the two types of projects in quality control – subgrade engineering focuses on hidden dangers such as insufficient compaction degree, slope instability, and subgrade settlement, while bridge engineering emphasizes risks such as pile foundation quality defects, concrete cracking, and bearing installation deviations. Based on this, targeted quality control countermeasures are proposed from three stages: construction preparation, process control, and inspection and acceptance. These include improving the quality control system, strengthening the management of materials and equipment, optimizing the connection of processes, and innovating the application of inspection technologies. The aim is to provide practical references for improving the construction quality of highway subgrade and bridge projects and ensure the long-term stable operation of highway engineering.

Keywords： highway engineering; subgrade construction; bridge construction; quality control; process management and control; testing technology

前言

相较于普通市政工程，公路路基与桥梁工程具有施工环境复杂（如山区路基面临地形限制、跨河桥梁受水文影响）、技术要求高（如路基分层压实精度、桥梁预应力张拉控制）、质量影响因素多（如材料性能、气候条件、人员操作）的特点。二者在质量控制中既存在共性需求（如材料管控、工序监督），也存在差异化重点——路基工程需重点解决“变形控制”，桥梁工程需聚焦“结构安全”。因此，系统梳理公路路基与桥梁工程施工中的质量风险，制定科学有效的控制对策，对推动公路工程建设高质量发展具有重要现实意义。

一、公路路基与桥梁工程施工中的质量风险分析

公路路基与桥梁工程施工质量风险

公路路基施工存在三类核心质量风险：一是压实质量不达

标，上路床压实度需 $\geq 96\%$ ，若填料含泥量超标、压实机械选型不当（如软土路基用轻型压路机）、分层厚度超30cm或含水率偏离最佳范围，易致工后沉降，引发路面开裂，某山区项目因填料含水率高5%，出现“弹簧土”，压实度仅92%，需翻晒重压；二

是边坡失稳与防护失效，边坡坡度若陡于1:1.5、开挖未遵循“分层开挖防护”、防护网锚固不牢或排水不畅，暴雨地震时易坍塌，某平原项目因未及时铺植草防护网，雨季200m边坡溜坍，需返工加固；三是不均匀沉降，因路段填料差异大、软土地基未加固或桥涵过渡段压实不足，会致路面裂缝错台，某高速过渡段因填料级配差、压实次数不足，通车1年沉降15mm，出现桥头跳车。

公路桥梁施工同样面临三类风险：一是桩基质量缺陷，钻孔时孔壁坍塌（如软土未埋钢护筒）、钢筋笼焊接差、混凝土浇筑导管埋深<2m或坍落度超标，会致断桩、缩颈，某跨河项目因河水上涨孔壁坍塌，钢筋笼倾斜，返工延误15天；二是混凝土结构开裂，配合比不当（水泥过多）、养护不及时、大体积混凝土内外温差超25℃或预应力张拉过早，会加速钢筋锈蚀，某连续梁桥冬季施工未保温，内外温差30℃，梁体现3条超2m裂缝，需压浆补强；三是支座与伸缩缝安装偏差，支座垫石标高偏差超±5mm、安装未找平，或伸缩缝预留槽尺寸差、填料不当，会致梁体受力不均、漏水，某简支梁桥因垫石标高差8mm，梁体倾斜需凿除重浇。

二、公路路基与桥梁工程施工质量控制的共性与差异化对策

（一）共性质量控制对策

1.完善质量管控体系与责任分工：构建“建设单位－监理单位－施工单位－检测单位”四级质量管控体系，明确各主体职责：建设单位负责统筹质量目标、监督各单位履职；监理单位实行“旁站监督＋平行检测”，重点监控关键工序（如路基压实、桥梁混凝土浇筑）；施工单位建立“项目经理－质量负责人－班组质检员”三级责任制，将质量指标纳入绩效考核；检测单位需出具真实、准确的检测报告，严禁数据造假。例如某高速公路项目中，施工单位将路基压实度、桥梁混凝土强度等指标与班组绩效挂钩，压实度达标率从93%提升至98%。^[1]

2.强化材料全周期质量管控：材料质量是工程的基础，需建立“供应商准入－进场验收－存储使用－退场处理”全流程管控机制。供应商准入需审核资质（如混凝土搅拌站需具备预拌混凝土专业资质）、业绩（近3年无质量事故）；材料进场验收需执行“双检制”（施工单位自检＋监理单位复检），如路基填料需检测颗粒级配、含泥量，桥梁钢筋需检测屈服强度、抗拉强度，不合格材料严禁进场；材料存储需分类存放（如水泥存放在防雨仓库、钢筋涂刷防锈漆），使用时遵循“先进先出”原则，超期材料（如水泥存储超3个月）需重新检测。例如某公路项目中，监理单位对进场钢筋进行平行检测，发现1批次钢筋抗拉强度不达标，立即要求退场，避免用于工程。

3.优化施工人员与设备管理：施工人员技术能力直接影响工序质量，需开展分层培训：对管理人员培训质量管控标准（如《公路路基施工技术规范》JTG/T 3610-2020）、对技术人员培训工艺要点（如桥梁预应力张拉参数控制）、对作业人员培训实操技能（如路基压实机械操作），培训合格后方可上岗。施工设

备按需选型（如路基压实选用20t以上重型振动压路机、桥梁钻孔选用回旋钻机），建立设备台账，定期维护保养（如压路机每月检查钢轮磨损情况、钻机每周检查钻杆垂直度），确保设备技术性能稳定。例如某项目对路基压实机操作人员开展专项培训，明确碾压速度（2-3km/h）、碾压次数（6-8遍），压实度合格率显著提升。^[2]

（二）差异化质量控制对策

1.公路路基工程：聚焦“压实、边坡、过渡段”管控

压实质量控制：根据填料类型确定压实参数，如碎石土填料分层厚度控制在25-30cm，粉质土控制在20-25cm；采用“重型击实试验”确定最佳含水率，施工时含水率控制在最佳范围±2%内；压实机械遵循“先轻后重、先慢后快、先边缘后中间”原则，碾压后及时检测压实度，采用灌砂法或环刀法，每200m检测1组，合格后再进行下一层施工。例如某软土路基施工中，通过调整含水率至最佳范围，配合重型压路机碾压，压实度从91%提升至97%。

边坡防护与排水控制：边坡开挖按设计坡度施工，开挖坡度偏差不超±5%，开挖后24小时内完成防护（如铺设土工格栅、植草皮）；完善排水系统，在边坡顶部设置截水沟（断面尺寸不小于40cm×40cm），边坡平台设置排水沟，沟底纵坡不小于0.3%，避免雨水滞留。例如某山区公路路基边坡施工中，因及时铺设土工格栅并疏通截水沟，雨季未出现边坡溜坍现象。

桥涵过渡段控制：过渡段采用级配碎石土填料（粒径5-30mm），掺加3%-5%水泥改善性能；压实机械选用小型振动压路机（如10t压路机）配合重型压路机，确保过渡段与路基衔接处压实度达标；设置过渡段沉降观测点，通车后每月监测1次，工后沉降控制在30mm以内。例如某高速公路桥涵过渡段施工中，采用“重型压路机＋小型压路机”组合压实，过渡段压实度达98%，通车后1年沉降仅8mm。^[3]

2.公路桥梁工程：聚焦“桩基、混凝土、支座”管控

桩基施工质量控制：钻孔前埋设钢护筒（埋深≥2m，高出地面30cm），采用泥浆护壁（泥浆比重1.2-1.4）防止孔壁坍塌；钢筋笼制作需确保主筋间距偏差≤10mm，焊接接头错开布置（错开距离≥35d）；混凝土浇筑时控制导管埋深在2-6m，混凝土坍落度控制在180-220mm，每根桩基制作3组混凝土试块检测强度。例如某跨河桥梁桩基施工中，通过严格控制泥浆比重与导管埋深，成功避免断桩问题，桩基检测合格率达100%。

混凝土结构质量控制：优化混凝土配合比，大体积混凝土采用低热水泥（如矿渣硅酸盐水泥），掺加粉煤灰减少水泥用量；浇筑时采用分层浇筑（分层厚度≤30cm）、振捣密实（振捣时间20-30s，至表面泛浆无气泡）；养护时大体积混凝土采用蓄水养护（养护时间≥14天），普通混凝土采用覆盖洒水养护（养护时间≥7天）；温度控制采用预埋温度传感器，实时监测内外温差，超25℃时及时覆盖保温被。例如某桥梁墩柱施工中，通过温度监测与保温养护，内外温差控制在20℃以内，未出现温度裂缝。

支座与伸缩缝安装控制：支座垫石施工前精确测量标高（偏差≤±2mm），采用水准仪校核；支座安装时调整水平度（倾斜

角 $\leq 0.5^\circ$ ），采用环氧树脂砂浆找平；伸缩缝安装前清理预留槽（去除杂物、凿毛混凝土表面），伸缩缝中心线与桥梁中心线偏差 $\leq 3\text{mm}$ ，安装后采用 C50 钢纤维混凝土填充，养护 7 天后开放交通。例如某简支梁桥施工中，因支座垫石标高控制精准，支座安装后梁体水平度达标，通车后未出现支座异响问题。^[4]

三、公路路基和桥梁工程施工质量控制的技术创新与保障措施

（一）推动质量控制技术创新应用

1. 智能化监测技术：在路基施工中，采用物联网技术埋设沉降传感器、压实度传感器，实时传输数据至云端平台，自动预警压实度不足、沉降超标的区域；在桥梁施工中，运用 BIM 技术模拟桩基钻孔、混凝土浇筑流程，提前排查钢筋碰撞、模板偏差等问题；采用无人机巡检路基边坡、桥梁主梁，快速识别裂缝、防护网破损等隐患。例如某高速公路项目中，通过 BIM 技术模拟桥梁预应力张拉过程，优化张拉顺序，避免梁体应力集中，张拉合格率提升至 99%。

2. 无损检测技术：在路基检测中，采用地质雷达检测路基压实均匀性（探测深度 $\geq 3\text{m}$ ），替代传统钻芯取样，减少对路基结构的破坏；在桥梁检测中，采用超声波检测桩基完整性（检测准确率 $\geq 95\%$ ）、回弹法结合取芯法检测混凝土强度，确保检测结果真实可靠。例如某桥梁项目中，通过超声波检测发现 1 根桩基存在局部缩颈，及时采用压浆补强处理，避免隐患扩大。

3. 新型材料与工艺应用：在路基施工中，采用新型固化剂（如水泥-石灰复合固化剂）改良软土填料，提升地基承载力；在桥梁施工中，推广预制拼装工艺（如预制墩柱、预制梁），工厂化生产确保构件质量，减少现场施工误差；采用高性能混凝土（如 C60 自密实混凝土），提升桥梁结构耐久性。例如某公路项目中，采用预制拼装工艺施工桥梁盖梁，构件尺寸偏差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内，施工效率提升 40%。^[5]

（二）完善质量控制保障措施

1. 强化质量监督与考核：建设单位定期组织质量巡查（每月不少于 2 次），对发现的质量问题下达整改通知书，限期整改并复查；监理单位建立质量台账，记录关键工序检测数据、整改情况，验收时提交完整台账；施工单位实行“质量一票否决制”，质量不合格的工序必须返工，严禁进入下一道工序。例如某项目中，因路基压实度未达标，建设单位要求全部返工，返工后压实度达标方可继续施工，有效杜绝质量隐患。

2. 加强质量安全教育培训：定期组织质量安全培训（每季度不少于 1 次），邀请专家讲解质量事故案例（如路基坍塌、桥梁开裂的后果），提升全员质量意识；开展“质量月”活动（如质量知识竞赛、技能比武），营造“人人重视质量、人人把控质量”的氛围；对新进场人员进行岗前质量培训，考核合格后方可上岗，避免因人员流动导致质量管控断层。例如某施工企业通过质量案例培训，作业人员违规操作率下降 60%。^[6]

3. 建立质量追溯与终身责任制：对路基填料、桥梁混凝土等关键材料建立“二维码追溯系统”，扫码可查看材料来源、检测报告、使用部位；落实工程质量终身责任制，项目经理、技术负责人、监理工程师等人员在工程质量终身责任承诺书上签字，对工程质量终身负责，若出现质量事故，依法追究相关人员责任。例如某桥梁项目中，通过二维码追溯系统，快速定位 1 批次不合格钢筋的使用部位，及时更换，避免质量风险。

四、结语

公路路基与桥梁工程的质量控制是一项系统工程，需兼顾共性与差异化管控——共性环节需强化材料、人员、设备的全周期管理，构建多层次责任体系；差异化环节需针对路基“变形控制”与桥梁“结构安全”的核心需求，聚焦关键工序制定精准对策。同时，通过智能化监测、无损检测等技术创新，结合制度保障措施，可实现质量控制的精准化、智能化与长效化。

参考文献

- [1] 崔亚超. 公路路基和桥梁工程施工中的质量控制对策 [J]. 建筑技术开发, 2022, 49(14): 134-136.
- [2] 赖良驹. 公路桥梁沉降段路基路面的施工技术研究 [J]. 工程技术研究, 2019, 4(7): 71-71.
- [3] 纪和坤. 公路桥梁施工中预应力技术施工质量控制探讨 [J]. 工程建设, 2020, 3(2): 55-56.
- [4] 吴沛昂. 公路工程路基路面施工质量影响因素及防范措施 [J]. 运输经理世界, 2023(6): 10-12.
- [5] 王磊. 公路路基与桥梁工程施工中的质量管理初探 [J]. 大众标准化, 2022, (19): 16-18.
- [6] 郭伟. 道路桥梁工程施工质量管理与控制措施分析 [J]. 交通建设与管理, 2024(5): 71-73.