

公路工程施工质量通病及防治措施研究

黄宝宇

本溪公路监理有限公司 辽宁 本溪 117000

摘要: 公路工程施工质量通病涵盖路基不均匀沉降、路面裂缝与车辙、桥梁混凝土开裂及预应力损失、隧道渗漏水等实体缺陷,以及材料配合比偏差、施工操作不规范、管理责任缺失等工艺与管理问题。其成因复杂,涉及地质条件、材料性能、施工工艺及环境因素耦合作用。防治需从材料源头管控、工艺标准化、设计动态优化、管理责任追溯及智能化技术应用等多维度综合施策,以提升公路工程耐久性与安全性。

关键词: 公路工程; 施工质量通病; 防治措施

引言: 公路工程作为国家交通命脉,其施工质量不仅关乎道路使用寿命,更直接影响行车安全与区域经济发展。然而,受地质条件复杂、材料性能差异、施工工艺不规范及管理机制漏洞等因素制约,路基沉降、路面开裂、桥梁结构损伤、隧道渗漏水等质量通病屡见不鲜,导致工程耐久性降低、维护成本激增。本文通过系统梳理公路工程典型质量通病,深入分析其成因机理,针对性提出防治技术与策略,为提升公路建设质量提供科学依据。

1 公路工程施工质量通病分类与特征分析

1.1 通病分类体系构建

(1) 按工程部位分类: 可清晰界定质量问题的发生区域,涵盖路基、路面、桥梁、隧道、附属设施等核心工程板块。路基作为公路基础,其质量问题直接影响整体稳定性;路面是直接承受行车荷载的表层结构;桥梁、隧道为特殊构造物,施工精度要求高;附属设施包括排水、交通安全设施等,关乎公路使用功能与安全性。(2) 按成因分类: 明确质量问题的根源,主要分为材料问题、施工工艺缺陷、设计不合理、管理漏洞四类。材料质量不达标会直接降低工程承载力;施工工艺不规范易导致结构衔接不良;设计与实际工况不符合会引发先天隐患;管理缺失则会放任各环节质量风险。

1.2 典型通病分析

(1) 路基工程: 核心通病包括不均匀沉降、边坡坍塌、软土地基处理不当。不均匀沉降多由填料压实不足、地质条件差异导致,易引发路面开裂;边坡坍塌与坡率设计不合理、防护措施不到位相关,雨季风险更高;软土地基处理不当会因承载力不足,导致路基长期沉降变形。(2) 路面工程: 常见问题有裂缝、车辙、坑槽、平整度差。裂缝多因温度变化、基层沉降或材料老化产生;车辙是沥青路面在高温和车辆荷载作用下的永久变形;

坑槽源于路面材料松散、水损害侵蚀;平整度差则会影响行车舒适性,加剧路面磨损。(3) 桥梁工程: 主要通病为混凝土裂缝、预应力损失、支座偏位。混凝土裂缝与配合比不当、养护不及时、温度应力有关;预应力损失可能由锚具失效、张拉工艺不规范导致,影响桥梁承载能力;支座偏位多因安装精度不足或荷载不均衡,易引发桥梁结构受力不均^[1]。(4) 隧道工程: 突出问题是渗漏水、衬砌开裂、超欠挖。渗漏水源于防水衬砌施工缺陷,会侵蚀结构钢筋;衬砌开裂与围岩压力不均、混凝土强度不足相关;超欠挖则因爆破参数不合理,影响隧道轮廓精度和结构稳定性。(5) 附属设施: 主要包括排水系统堵塞、交通安全设施安装不规范。排水系统堵塞易导致雨水淤积,损害路基和路面;交通安全设施安装不规范,如标志标线位置偏差、护栏固定不牢固,会降低道路通行安全性。

2 公路工程施工质量通病成因分析

2.1 材料因素

(1) 原材料质量不达标: 沥青、水泥、钢材等核心原材料存在质量隐患是引发工程通病的关键诱因。部分施工单位为压缩成本,违规选用低标号、非标或过期原材料,如沥青针入度、延度不满足规范要求,会导致路面抗裂性、耐久性下降;水泥强度不足或安定性不合格,易造成混凝土结构开裂、强度不足;钢材力学性能不达标,会降低桥梁、隧道等承重结构的承载能力,埋下结构安全隐患。(2) 材料配合比设计不合理: 配合比是控制材料性能的核心环节,设计偏差会直接导致材料性能劣化。例如混凝土配合比中水泥用量不足、水灰比过大,会降低混凝土强度和密实度,引发裂缝、耐久性不足等问题;沥青混合料配合比失衡,骨料级配不合理,会导致路面高温易产生车辙、低温易开裂,大幅缩短路面使用寿命。

2.2 施工工艺因素

(1) 施工操作不规范: 施工环节的不规范操作是质量通病的直接成因。路基施工中压实度不足, 会导致后期不均匀沉降; 混凝土浇筑时振捣不密实, 易产生蜂窝、麻面甚至内部空洞; 路面摊铺时平整度控制不佳、碾压工艺不到位, 会影响行车舒适性且易引发坑槽; 同时, 混凝土养护不及时、养护周期不足, 会导致强度增长缓慢、表面开裂, 降低结构稳定性。(2) 机械设备性能落后或操作失误: 施工机械设备的性能与操作水平直接影响施工质量。部分施工单位沿用老旧、性能不达标的机械设备, 如压实设备吨位不足、摊铺设备精度不够, 无法满足施工工艺要求; 此外, 操作人员专业技能不足、操作失误, 如压路机行驶速度过快或碾压轨迹重叠不当、预应力张拉设备操作偏差, 会导致施工质量波动, 引发各类质量通病。

2.3 设计因素

(1) 结构计算误差、地质勘察不充分: 设计阶段的技术缺陷会埋下先天质量隐患。结构计算过程中参数选取不当、力学分析偏差, 会导致结构承载力设计不足, 在使用过程中易出现开裂、变形等问题; 地质勘察工作不深入, 未准确探明施工区域的土层分布、地下水情况、不良地质体等, 会导致设计方案与实际地质条件不符, 引发路基沉降、隧道渗漏水等通病^[2]。(2) 设计标准与实际工程条件不匹配: 设计方案未充分结合工程实际工况, 也会诱发质量问题。例如在山区公路设计中, 未充分考虑地形坡度对路基稳定性的影响, 易导致边坡坍塌; 在高温、多雨地区的路面设计中, 未选用适配的耐高温、抗水损害材料, 会加速路面老化、破损; 设计中对附属设施如排水系统的布局、尺寸设计不合理, 会导致排水不畅, 进而浸泡路基路面。

2.4 管理因素

(1) 质量管理体系不完善: 质量管理体系的缺失或漏洞会放任质量风险。部分施工单位未建立健全质量管控机制, 质量责任制落实不到位; 监理单位履职缺位, 对原材料进场检验、施工工序验收等关键环节把控不严, 甚至存在违规放行情况; 验收流程松散, 未严格执行质量验收标准, 导致不合格工程进入下一道工序, 最终形成质量通病。(2) 施工环境与进度压力导致的质量妥协: 恶劣施工环境与不合理的进度要求往往迫使施工单位牺牲质量。在雨季、冬季等不利气候条件下施工, 未采取有效的防护措施, 会影响材料性能和施工效果; 部分项目盲目追求进度, 压缩施工周期, 导致工序衔接仓促、养护时间不足, 如混凝土未达到设计强度就进行后续施

工, 进而引发各类质量问题。

3 公路工程施工质量通病防治措施

3.1 材料控制措施

(1) 严格材料进场检验与试验检测: 建立全流程材料质量管控机制, 从源头杜绝不合格材料流入施工现场。对沥青、水泥、钢材等核心原材料, 严格核查生产厂家资质、产品合格证及质量检验报告, 未经核查或核查不合格的材料一律禁止进场。同时, 按照规范要求的频率和标准进行抽样试验检测, 如沥青的针入度、延度、软化点检测, 水泥的强度、安定性检测, 钢材的力学性能检测等, 检测结果不合格的材料必须及时清退出场。此外, 加强材料存储管理, 根据材料特性搭建专用存储场地, 做好防潮、防晒、防锈等防护措施, 避免材料在存储过程中性能退化。(2) 优化配合比设计, 推广新材料应用: 结合工程实际工况与气候条件, 精准优化材料配合比设计。在混凝土配合比设计中, 通过调整水灰比、掺加高效外加剂等方式, 提升混凝土的强度、密实度和抗裂性能; 在沥青混合料配合比设计中, 优化骨料级配, 确保混合料具备良好的高温稳定性和低温抗裂性。同时, 积极推广高性能混凝土、改性沥青、复合土工材料等新型优质材料的应用, 高性能混凝土具有高强度、高耐久性、高工作性等优势, 可有效减少混凝土结构裂缝、耐久性不足等通病; 改性沥青能显著提升路面的抗老化、抗车辙和抗水损害能力, 延长路面使用寿命^[3]。

3.2 施工工艺优化

(1) 标准化施工流程: 制定各分项工程的标准化施工操作手册, 明确施工工艺要点、质量控制标准和验收要求, 确保施工操作规范统一。在路基施工中, 严格执行分层填筑、分层压实工艺, 控制每层填筑厚度和压实遍数, 确保路基压实度达标, 从根本上解决不均匀沉降问题; 在路面摊铺施工中, 规范摊铺温度、摊铺速度和摊铺厚度的控制, 后续碾压遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则, 提升路面平整度和压实度。对于混凝土结构施工, 严格把控模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑和振捣环节, 确保结构尺寸精准、混凝土密实, 同时严格执行养护制度, 保证养护时间和养护质量^[4]。(2) 引入智能化施工设备: 借助先进技术提升施工精度和质量管控水平, 积极引入3D摊铺机、智能压实设备、无人机监测等智能化设备。3D摊铺机可依托数字化建模技术, 实现路面摊铺的精准控制, 有效提升路面平整度和厚度均匀性; 智能压实设备能实时监测压实度数据, 自动调整压实参数, 确保压实质量达标且均匀一致; 无人机监测可对路基边坡、桥梁结构、隧道衬砌等施工区域进行全

方位、高精度巡查,及时发现施工缺陷和质量隐患,为质量管控提供数据支撑。同时,加强对智能化设备操作人员的专业培训,确保设备充分发挥应有效能。

3.3 设计改进策略

(1) 加强地质勘察与动态设计调整:强化设计前期的地质勘察工作,组织专业勘察团队深入施工现场,采用钻探、物探等多种勘察手段,全面、准确探明施工区域的地质条件,包括土层分布、地下水水位、不良地质体分布等,为设计方案制定提供可靠依据。在施工过程中,建立动态设计调整机制,当实际地质条件与勘察结果不符或出现新的地质问题时,及时组织设计、施工、监理等单位开展专题研讨,优化调整设计方案,确保设计与工程实际紧密契合。例如,在软土地基路段施工中,若发现软土厚度超出勘察预估,及时调整地基处理方案,采用换填、水泥搅拌桩等更有效的加固措施。(2) 采用耐久性设计理念:将耐久性设计贯穿于公路工程设计全过程,针对不同工程部位的使用需求和环境特点,采用针对性的耐久性设计措施。在混凝土结构设计中,选用抗裂混凝土,合理设置伸缩缝和后浇带,减少温度应力和收缩应力引发的裂缝;在桥梁、隧道等构造物设计中,加强防水层设计,选用高性能防水材料,优化防水构造,有效预防渗漏水问题。对于路面设计,结合区域气候和交通荷载特点,选用适配的路面结构和材料,提升路面的抗老化、抗车辙和抗水损害能力,延长工程使用寿命。

3.4 管理强化措施

(1) 完善质量责任追溯制度:建立健全“全员参与、全过程管控”的质量责任体系,明确建设、施工、监理等各参建单位及相关人员的质量职责,签订质量责任书。推行质量责任终身制,对工程建设全过程中的质量行为和质量结果进行记录存档,形成完整的质量追溯链条。一旦出现质量问题,严格按照责任体系追溯相关单位和人员的责任,依法依规进行处罚,通过明确的责任约束倒逼各参建方落实质量管控责任。(2) 加强全过程质量监控:引入BIM技术、第三方检测等先进管理手段,实现对工程施工全过程的精准质量监控。利用BIM技术构建数字化工程模型,对施工方案进行模拟优化,提前预判

施工过程中可能出现的质量问题;在施工过程中,通过BIM模型实现对施工工序、构件安装等环节的可视化管控,确保施工符合设计要求。同时,委托具备相应资质的第三方检测机构,对原材料质量、施工工序质量、工程实体质量进行独立检测,检测结果作为工程质量验收的重要依据,确保质量监控的客观性和权威性^[5]。(3) 提升施工人员技能培训与质量意识教育:定期组织施工人员开展专业技能培训,重点针对标准化施工流程、智能化设备操作、质量控制要点等内容进行培训,提升施工人员的专业操作水平。同时,加强质量意识教育,通过开展质量专题讲座、案例分析、质量竞赛等活动,让施工人员充分认识到质量问题的危害性,树立“质量第一”的理念。此外,建立完善的绩效考核机制,将施工质量与个人绩效挂钩,激励施工人员主动落实质量管控要求,规范施工行为。

结束语

公路工程质量通病的防治是保障交通基础设施安全耐久关键环节。通过系统剖析路基、路面、桥梁、隧道等工程部位的典型质量问题,揭示了材料缺陷、工艺偏差、设计不足及管理漏洞等核心成因。研究提出从源头把控材料质量、优化施工工艺标准、强化动态设计调整、完善全流程管理机制等综合防治策略。未来需进一步融合智能化监测技术与创新管理模式,推动公路建设向精细化、标准化方向持续发展,切实提升工程品质与社会效益。

参考文献

- [1]王晨华.公路工程路基路面常见质量通病及防治措施[J].中国公路,2020,(08):110-111.
- [2]张殿涛.公路工程施工中的质量控制与管理[J].公路与运输,2023(03):45-50.
- [3]魏巍.公路工程质量通病的预防与治理[J].建设管理,2024(06):78-82.
- [4]曾文康.公路工程施工质量管理优化策略研究[J].工程技术与管理,2023(06):112-116.
- [5]贾威.公路工程施工技术质量控制方法研究[J].住宅与房地产,2022(20):64-68.