

新建高速公路主要质量缺陷与处治措施研究

普琼香 李 帅^(通讯作者) 王开洋

云南交投集团投资有限公司 云南 昆明 650000

【摘要】：为提高新建高速公路建设质量，保障运营安全和使用寿命，本文基于文献资料与工程实例，总结了新建高速公路中路基、路面、桥梁和隧道常见质量缺陷的主要表现，分析了缺陷产生的关键原因，重点探讨了相应的预防和修复措施。其治理需遵循“预防为主、因地制宜、标本兼治”的原则，采取针对性技术措施及早干预能有效减少缺陷发展。

【关键词】：高速公路；施工质量；常见缺陷；成因分析；处治措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.10.073

引言

随着我国交通基础设施建设的快速发展，高速公路已经成为连接区域经济、促进社会发展的关键工程。其建设质量直接关系到运营期的安全和使用寿命。因此，研究新建高速公路常见施工质量缺陷的特征、成因及处治，对于提高公路建设质量和完善养护对策具有重要意义。本文基于相关文献资料和工程实例，总结了高速公路路基、路面、桥梁和隧道工程中常见质量缺陷的表现及成因，并探讨了相应的预防与修复措施，以帮助施工单位和管理部门强化质量管控，保障工程的长期服务性能。

1 路基工程

1.1 路基沉降不均

(1) 缺陷表现：路基整体或局部出现不均匀沉降，通常表现为路面裂缝、局部沉陷甚至台阶错台，影响行车平顺性与安全性。这类病害在软土地基和桥头搭板过渡段尤为突出。

(2) 成因分析：①软基处理不到位：在软土、淤泥地段，若地基加固措施不足或未充分预压，提前铺筑路面，软弱土层的固结沉降尚未完成，后期会产生较大沉降量。②排水不畅：填挖交界处或路基下覆土层有地下水时，施工中未采取充分的排水措施。雨水和地下水浸入路基，软化土体并增加自重，导致路基强度下降发生附加沉降。

(3) 处治措施：预防方面，在软土地段施工时必须严格按照设计进行地基处理和沉降观测，达到设计沉降控制标准后方可进入路面施工。对已发生的不均匀沉降，可根据沉降量和原因采取：①压力注浆：对沉降量较小且趋于稳定的路段，在沉降区按 2m 间距布孔至路基底部，高压注浆充填土体孔隙，

增加地基强度和密实度，减少后续沉降。②表层换填：针对小范围沉降，铣刨变形面层，待路基稳定后以砂石等材料分层回填压实并恢复路面平整。

1.2 路基压实度不足

(1) 缺陷表现：路基填方完成后局部区域出现弹性沉陷，即俗称的“弹簧”土现象。当车辆碾压或施工机械行驶时，路基表面会出现明显的颤动或回弹，说明路基压实度偏低。

(2) 成因分析：首先，压实工艺不当。例如碾压遍数不足、压路机质量偏小、填土松铺厚度过厚，以及碾压不均匀、局部漏压等。其次，填土的含水率控制不佳会引发压实失效。此外，若使用了不符合要求的劣质填土，如高液限粘性土、含大粒径石块等，也会造成压实度不足的缺陷^[1]。

(3) 处治措施：预防方面，施工中应严格控制每层填土厚度及压实参数，确保压实机械行驶到边缘部位，不留压实死角；同时在土质接近最佳含水量时及时压实并加强养护，避免表层过分失水出现松散或收缩裂纹。对于已出现“弹簧”或压实度不足的路段：①换填压实法：将松软的欠压实土层挖除，换填干燥的集料分层夯实，确保每层压实度达到设计标准。②翻挖晾晒法：对于含水率过高导致的“弹簧”土，翻松曝晒至适宜含水量后再行夯压。必要时掺入适量干土或粉料吸收水分，使含水率接近最佳值后压实^[2]。

2 路面工程

2.1 沥青路面早期裂缝

(1) 缺陷表现：部分沥青路面早期出现纵向、横向及网状裂缝。

作者简介：李帅，（1990.02—）男，汉族，河北保定人，硕士，高级工程师，研究方向：交通工程地下工程方向。

项目基金

资助课题：云南山区含盐地层公路隧道围岩注浆关键技术研究（云南省科技厅科技计划项目基础研究项目 202401AU070049）

(2) 成因分析: 纵向裂缝多与路基差异沉降或纵向施工接缝处理欠佳有关; 横向裂缝常因温度骤变引发面层收缩, 或基层开裂后反射至表面; 网状裂缝则往往是沥青老化、疲劳累积及下层裂缝共同反射的结果。

(3) 处治措施: 对沥青路面出现的裂缝应及时进行灌缝修补, 防止水分进入进一步损坏路基。对于细小裂缝(宽度 2~5 mm), 采用乳化沥青灌缝; 对于较宽裂缝(>5 mm), 需使用黏度更高的改性沥青或热沥青玛蹄脂进行灌缝。灌缝前应清除裂缝内杂物并保持干燥, 灌缝后在表面撒布适量石屑或粗砂以增加摩擦。对于大面积网裂、龟裂, 应铣刨或开挖去除开裂的面层和受损的基层, 分层重新铺筑沥青混合料并压实成型。

2.2 沥青路面早期表观缺陷

(1) 缺陷表现: 路面早期会出现泛油、松散、坑槽和局部拥包等表观质量问题。泛油是指沥青乳化剂渗出覆盖表面; 脱落指集料松散被车辆碾压或抛散; 坑槽为局部路面凹陷; 拥包为局部隆起并伴随波浪形变形。

(2) 成因分析: ①泛油: 沥青用量偏高或压实过度, 过多沥青胶浆挤上表面; 高温季节沥青过软, 从孔隙中向上泌出。②松散: 所用集料含硅量高、碱活性低, 与沥青附着力不足; 或施工时压实不到位、温度控制不当。③坑槽: 小面积坑槽主要由雨水侵害和荷载反复作用引起。④拥包: 局部层间黏结过强且沥青过软, 车辆制动时剪切应力使面层材料堆积隆起; 或者基层软弱导致面层受压失稳鼓起。

(3) 处治措施: ①泛油处置: 轻微泛油的路段, 可在表面撒布细粒碎石或防滑砂以增加表面摩擦力; 大面积泛油, 应考虑铣刨掉表层, 重新摊铺配合比合适的混合料。②松散处置: 因低气温施工的沥青面层造成松散, 可收集好松散料, 待气温上升时清扫干净, 重做喷油封层, 并用轻型压路机压实; 由于基层或土基松软变形而引起的松散, 应先处理基层或土基, 而后重新铺筑沥青混合料等。针对由于集料与沥青粘附性差导致的松散, 可在施工中沥青掺加抗剥落剂或增粘改性剂, 提高沥青与矿料的结合能力。③坑槽及拥包: 坑槽处铣刨清除松散材料后分层回填沥青砼并压实; 拥包处铣除隆起结构恢复设计厚度并压实, 完成后铺设密封层防渗。最后可铺罩面层或进行常规养护, 提高路面整体耐久性。

3 桥梁工程

3.1 混凝土表面裂缝

(1) 缺陷表现: 非结构性裂缝一般为表层收缩裂缝, 走向不规则且宽度细小, 对结构承载影响不大; 结构性裂缝则贯

穿或沿主应力方向发展, 可能危及结构安全。常见裂缝包括墩柱或盖梁的温度收缩裂缝、梁体的预应力局部开裂等。

(2) 成因分析: ①温度收缩: 混凝土初凝前水分蒸发过快产生塑性收缩裂缝, 多为不规则浅表裂纹; 后期养护不足、表面失水引起干燥收缩裂缝; 大体积混凝土浇筑, 内外部温差大时易产生温度收缩裂缝。②预应力施工不当: 由于预应力管道下沉、混凝土振捣密实及预应力张拉过度等, 引起预制梁板常在波纹管沿线出现纵向裂缝。

(3) 处治措施: 预防方面, 要严格控制大体积混凝土浇筑升温, 采取分层浇筑、保温养护等措施减少温度裂缝; 优化配筋设计和施工工艺, 确保混凝土振捣密实并按规定龄期养护, 最大程度避免早期裂缝的产生。对于非结构性表面裂缝, 如发丝状干缩裂纹, 可不作结构补强处理, 仅在表面涂刷环氧树脂或封闭剂予以封闭, 防止水分渗入。对于较宽或贯穿的裂缝, 应采用灌浆封闭法处理: 沿裂缝凿槽埋设灌浆嘴, 压注环氧树脂浆液充填裂缝。

3.2 支座及附属结构缺陷

(1) 缺陷表现: 桥梁下部构造的支座和上部附属构造(伸缩缝、栏杆等)如果施工不到位, 也会出现质量缺陷。常见情况有: 支座安装偏位或脱空, 橡胶支座发生异常剪切变形、鼓包; 盆式支座方向放置错误、锚固螺栓未紧固等。伸缩缝局部出现破损或缝内堵塞杂物, 导致伸缩功能受限, 极端温度下可能挤坏梁端混凝土。除此之外, 护栏、防撞墙等线形不顺直、预留孔偏位, 泄水管安装不当也都属于桥梁工程附属结构的缺陷^[3]。

(2) 成因分析: ①支座: 支座定位不精确而发生偏移; 梁板落梁时未放平稳, 造成初始剪切变形; 支座承压过大产生鼓包; 垫石顶面未按设计标高找坡, 致使支座受力不均导致局部悬空。②伸缩缝: 施工中若伸缩缝预留槽尺寸不准确、钢边梁锚固不到位, 导致伸缩不能充分伸缩甚至松动破损。另外, 在施工或养护过程中杂物掉入缝隙未及时清理等。

(3) 处治措施: 严格按照设计定位安装支座, 并保证施工环境清洁、及时涂防锈剂。对偏位或脱空的支座, 应先用千斤顶卸载, 再重新调整位置和标高; 对严重损坏的支座必须更换, 轻微裂纹可涂抹胶剂修复; 检查并紧固所有锚栓, 加装防护罩防止污染。伸缩缝、护栏等附属构件错位或损坏时, 应清理和更换受损部件, 并进行准确定位安装; 预埋偏位时可植筋复位并加固后安装, 确保构件顺直牢固^[4]。

4 隧道工程

4.1 衬砌裂缝

(1) 缺陷表现: 隧道衬砌混凝土的裂缝分布形式多样, 既有因温度、收缩引起的表面细裂缝, 也有受围岩应力作用产生的贯穿性结构裂缝。常见情况是在初期支护变形过大或混凝土强度不足时, 衬砌出现环向或纵向开裂。另外, 混凝土早期失水收缩、养护不良也会导致表面龟裂。

(2) 成因分析: ①混凝土塑性沉降: 拌和物坍落度大、黏聚性差时, 浇筑后混凝土易发生不均匀沉降, 遇到内部钢筋或预埋件阻碍, 会在表面形成塑性沉降裂缝。②围岩变形过大: 初期支护和围岩稳定性不足时, 围岩持续收敛挤压衬砌, 导致衬砌受拉开裂。③干缩和温差: 衬砌混凝土硬化过程中体积收缩以及水化热引起的内外温差, 会产生收缩拉应力, 易造成开裂。④模板与施工: 模板刚度或拱架支撑不足, 在浇筑过程中发生变形。拆模、衬砌台车移动时碰撞混凝土表面, 也可能引起局部裂缝。

(3) 处治措施: ①观测与评估: 先对裂缝进行定点监测, 判断裂缝是否稳定。活动裂缝应先采取措施控制围岩变形或荷载影响, 待裂缝趋于稳定后再行修补。②裂缝修复: 对于细小且无渗漏的表面裂缝, 清理后涂抹环氧树脂封闭, 防止水汽进入。对于较宽或深层裂缝, 采用注浆法填充加固。

4.2 渗漏水

(1) 缺陷表现: 隧道内壁出现水渍、湿痕, 严重时形成挂水、股流甚至喷水现象。渗漏水往往伴随衬砌裂缝或施工缝出现, 长期渗漏会在衬砌表面留下白色结晶, 侵蚀混凝土、腐蚀钢筋和机电设备。

(2) 成因分析: ①地下水富集: 隧道埋深大且处于富水

地层, 排水措施不足, 水压力在衬砌外侧积聚, 增加渗漏风险。②防水板破损: 施工中防水板被尖锐岩石刺破或焊缝未焊牢。③止水带安装不良: 变形缝或施工缝处止水带固定不牢或浇筑时发生卷曲移位, 无法起到止水作用。④初衬处理不当: 渗水未引排或封堵, 形成集中的渗水通道。⑤浇筑密实度不够: 衬砌混凝土在施工缝、变形缝附近振捣不充分, 形成蜂窝或松散层, 水分易顺着这些薄弱通道漏出。

(3) 处治措施: 隧道渗漏水治理遵循“以排为主, 防排结合”的原则, 根据渗水程度采用不同方法。①表面封堵止水: 针对轻微的渗湿或滴漏, 可在渗水部位涂刷速凝型堵漏浆或膨胀水泥, 用以封闭孔隙止水。②引排疏导: 对于持续性滴漏及股流, 应采取导水措施将水引出隧道。③注浆封闭: 针对局部大面积出现面漏、网状裂缝漏水、渗水等, 在经过对渗水部位衬砌内注浆以及对主要出水点、裂缝进行凿槽、嵌缝、堵漏或引排之后, 在表面喷涂水泥基渗透结晶型防水涂料^[1]。

5 结论及建议

本文通过对新建高速公路路基、路面、桥梁和隧道工程常见质量缺陷的分析, 总结了各类缺陷的表现、成因和处治途径。

针对以上问题, 提出以下建议: ①强化施工全过程管控, 严格落实技术规范, 细化施工组织设计, 加大关键工序的现场监管, 确保施工流程与技术标准一致。②建立覆盖原材料准入、关键工序验收及隐蔽工程记录的全链条质量追溯体系, 强化精细化施工管控。③建设与养护部门加强联动, 重视预防性养护技术的应用, 定期开展路况巡查, 对早期细微缺陷做到“早发现、早处治”, 防止小修演变为大修。④推进先进监测技术与设备, 实现质量缺陷的早期识别与动态管控; 针对不同地质条件与缺陷类型, 采用模块化、标准化的修复工艺, 提高处治效率与效果。

参考文献:

- [1] 闫明. 高速公路基层施工常见质量问题缺陷及施工防范技术研究[J]. 黑龙江交通科技, 2015, 38(12): 27-28.
- [2] 江涛. 高速公路路基工程和软基处理质量缺陷处理技术[J]. 技术与市场, 2017, 24(08): 163-164.
- [3] 田浩. 高速公路路基桥梁工程主要施工缺陷及应对措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (34): 174-176.
- [4] 刘辉. 广东省新建高速公路桥梁质量缺陷及质量管理措施分析[J]. 工程技术研究, 2022, 7(16): 132-135.
- [5] 杨爱明, 崔友, 骆维斌. 甘肃省公路质量缺陷特征研究与养护对策探析[J]. 公路, 2025, 70(08): 381-385.