

公路路基施工质量通病成因及处理对策分析

程超, 朱凯迪

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江杭州 311305

DOI:10.61369/ME.2025070018

摘要: 公路路基作为路面结构的承载基础, 其施工质量直接决定公路整体稳定性与使用寿命。本文聚焦公路路基施工中常见的质量通病: 路基沉降、边坡滑塌、路基裂缝、压实度不足等问题, 从地质勘察、材料控制、施工工艺、养护管理等维度提出针对性处理对策与预防措施。旨在为规范路基施工流程、提升路基施工质量提供理论参考与实践指导, 保障公路工程长期服役性能。

关键词: 公路路基; 质量通病; 成因分析; 处理对策

Analysis of the Causes and Countermeasures of Common Quality Problems in Highway Subgrade Construction

Cheng Chao, Zhu Kaidi

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

Abstract: As the bearing foundation of the pavement structure, the construction quality of the highway subgrade directly determines the overall stability and service life of the highway. This article focuses on common quality problems in highway subgrade construction, such as subgrade settlement, slope collapse, subgrade cracks, and insufficient compaction. It proposes targeted treatment countermeasures and preventive measures from the dimensions of geological investigation, material control, construction technology, and maintenance management. It aims to provide theoretical references and practical guidance for standardizing the construction process of roadbeds and improving the quality of roadbed construction, and to ensure the long-term service performance of highway engineering.

Keywords: highway subgrade; quality defects; cause analysis; treatment countermeasures

前言

据交通运输部公路工程质量抽检数据显示, 2020–2024年全国公路路基施工质量不合格率约3.2%, 其中路基沉降与压实度不足占比超60%, 此类问题不仅导致路面出现车辙、裂缝, 还需后期投入大量资金维修, 严重影响公路使用效益。因此, 深入分析路基质量通病的形成机理, 制定科学有效的处理对策, 对减少工程隐患、降低养护成本具有重要现实意义。本文基于现有技术规范与工程实践, 从质量通病分类、对策制定层面展开研究, 为公路路基施工质量管控提供全面参考。

一、公路路基常见质量通病分类及表现形式

公路路基施工涉及土方开挖、填料摊铺、压实、边坡防护等多环节, 不同环节易产生不同类型的质量通病, 其中以路基沉降、边坡滑塌、路基裂缝、压实度不足最为典型, 各类通病的表现形式与危害如下:

(一) 路基沉降

路基沉降是指路基竣工后或通车运营期间, 因土体压缩变形导致路基顶面标高低于设计值的现象, 分为施工期沉降与运营期沉降两类:

施工期沉降: 多发生在路基填筑完成后1–3个月内, 表现为路基局部或整体下沉, 沉降量一般为3–10cm, 若沉降不

均匀, 易导致路面出现纵向波浪形起伏。例如, 某二级公路K2+300–K2+500段路基, 填筑完成后2个月内出现不均匀沉降, 最大沉降量达8cm, 路面平整度误差超15mm/3m, 需重新铣刨路面后对路基进行加固处理。

运营期沉降: 多发生在通车后1–5年内, 受车辆荷载反复作用与雨水渗透影响, 沉降量逐渐累积, 一般为5–15cm, 严重时会导致路面开裂、桥头跳车。例如, 某高速公路互通立交匝道路基, 通车3年后因运营期沉降, 桥头路段沉降量达12cm, 桥头跳车高差超5cm, 存在极大交通安全隐患。^[1]

(二) 边坡滑塌

边坡滑塌是指路基边坡土体因抗剪强度不足, 沿某一滑动面发生整体或局部坍塌的现象, 按滑塌规模分为浅层滑塌与深层

滑塌：

浅层滑塌：滑塌深度一般为1~3m，多发生在边坡坡脚或坡中位置，表现为边坡表层土体滑落，露出下部未压实的填料。例如，某农村公路K1+800段路基边坡（边坡坡度1:1.5），雨后出现浅层滑塌，滑塌范围长20m、深2m，塌方体堵塞边沟，影响路面排水。

深层滑塌：滑塌深度一般为3~8m，多发生在地质条件复杂的路段（如软土地基、风化岩层路段），表现为边坡整体滑动，滑塌体规模大，易阻断交通。例如，某山区公路K5+100段路基，因下方为软土地层，边坡施工后遭遇连续暴雨，发生深层滑塌，滑塌体体积达5000m³，导致公路中断通行7天。

（三）路基裂缝

路基裂缝是指路基土体因干缩、温缩或应力集中产生的裂隙，按裂缝走向分为纵向裂缝、横向裂缝与网状裂缝：

纵向裂缝：平行于路线走向，长度一般为10~50m，宽度为2~10mm，多发生在路基中心或边坡附近，主要因路基填筑不均或地基沉降差异导致。例如，某一级公路K8+200~K8+400段路基，通车1年后出现纵向裂缝，裂缝长度35m、宽度8mm，若不及时处理，雨水渗入会加剧裂缝扩展。

横向裂缝：垂直于路线走向，长度一般为5~20m，宽度为1~8mm，多发生在路基分段施工的接缝处，主要因施工缝处理不当或温度变化导致。例如，某高速公路路基施工中，因两段路基施工间隔超过15天，未对接缝处进行台阶处理，通车后6个月出现横向裂缝，裂缝贯穿路基顶面。

网状裂缝：呈不规则网状分布，裂缝密度大（每平方米5~10条），宽度为1~3mm，多发生在路基表层，主要因填料干缩或压实度不足导致。例如，某二级公路路基采用粉质土填筑，因夏季高温暴晒，路基表层出现网状裂缝，影响路基整体性。^[2]

（四）压实度不足

压实度不足是指路基填料压实后的干密度未达到设计要求（一般要求压实度≥93%~96%，根据路基填筑层位确定），表现为路基土体松散、承载力低，检测时易出现“弹簧土”现象（碾压时土体反弹，无法压实）。例如，某公路路基K3+100段填筑层，采用黏性土填料，碾压后检测压实度仅88%（设计要求≥94%），路基弯沉值达300（0.01mm）（设计要求≤200（0.01mm）），需重新翻拌晾晒后再次压实。

二、公路路基质量通病处理对策与预防措施

针对各类质量通病的成因，需从“预防为主、防治结合”的原则出发，结合施工实际制定针对性对策，同时建立全流程管控机制，减少通病发生概率。

（一）路基沉降处理对策与预防

1. 地基预处理措施：

软土地基路段：采用换填法（换填3~5m厚碎石或灰土）、排水固结法（设置塑料排水板，间距1.5m×1.5m，深度穿透软土层）或强夯法（单击夯击能2000~3000kN·m）提升地基承载

力，要求处理后地基承载力≥180kPa。例如，某沿海公路软土地基采用塑料排水板+堆载预压处理，塑料排水板深度12m，堆载预压时间6个月，地基承载力从120kPa提升至200kPa，路基沉降量控制在3cm以内。^[3]

松散砂层路段：采用振冲碎石桩（桩径50cm，间距2m）或水泥土搅拌桩（桩长8~10m）加固，减少地基压缩变形。

2. 填料与填筑管控：

选择级配良好的填料（如碎石土、砾石土），避免使用纯粉土、高液限黏土；填料含水率控制在最佳含水率±2%范围内，若含水率过高，采用翻拌晾晒（晾晒时间2~3天）或掺入生石灰（掺量3%~5%）降低含水率；若含水率过低，采用洒水湿润（洒水量按含水率差计算）。

严格分层填筑，分层厚度按压路机吨位确定（18~21t压路机分层厚度≤30cm，22~25t压路机≤35cm），填筑时设置高控制线，确保厚度均匀。

3. 压实工艺优化：

按“先轻后重、先慢后快、先边后中”原则碾压，下路床采用20t以上振动压路机，碾压遍数4~6遍，碾压速度2~3km/h；碾压后及时检测压实度，达标后方可进行下一层填筑。例如，某高速公路路基下路床采用22t振动压路机，碾压5遍，速度2.5km/h，压实度达95%（设计94%），后期沉降量仅2cm。^[4]

（二）边坡滑塌处理对策与预防

1. 滑塌应急处理：

浅层滑塌：清除塌方体，对边坡坡面进行修整，采用水泥砂浆抹面（厚度5cm）或铺设土工格栅（抗拉强度≥80kN/m）加固，同时疏通边沟，防止雨水再次渗入。例如，某农村公路边坡浅层滑塌，清除塌方体后铺设双向土工格栅，格栅搭接宽度30cm，采用锚杆固定，后期未再发生滑塌。

深层滑塌：采用抗滑桩（桩径1.2m，桩长15~20m，间距5m）或锚索框架（锚索长度20~30m，锚固力≥500kN）加固，同时在滑塌体后缘设置截水沟，减少雨水入渗。例如，某山区公路深层滑塌采用抗滑桩+锚索框架处理，抗滑桩嵌入稳定岩层5m，锚索锚固深度10m，加固后边坡稳定性系数从1.05提升至1.3，满足规范要求。

2. 边坡预防措施：

合理设计边坡坡度：软土地段边坡坡度≥1:1.75，风化岩层路段≥1:1.5，同时设置平台（宽度2~3m），降低边坡高度；及时进行边坡防护，土质边坡采用植草+三维网防护，岩质边坡采用锚杆框架+喷混植生防护。

完善排水系统：边坡顶部设置截水沟（断面尺寸50cm×50cm），距离边坡顶缘≥2m；边坡平台设置排水沟，与边沟连通；边沟采用混凝土浇筑，防止冲刷堵塞。

（三）路基裂缝处理对策与预防

1. 裂缝修复技术：

宽度<5mm的裂缝：采用水泥净浆（水灰比0.4~0.5）灌缝，灌缝前清理裂缝内杂物，灌缝后覆盖土工布养护3d；若为网状裂缝，先喷洒水泥净浆，再铺设玻璃纤维格栅（宽度2m），提

升路基整体性。例如，某公路路基网状裂缝采用水泥净浆灌缝 + 玻璃纤维格栅加固，通车后2年裂缝未扩展。

宽度 $\geq 5\text{mm}$ 的裂缝：沿裂缝开槽（宽度10cm、深度15cm），清理槽内杂物后填入级配碎石（粒径5–10mm），分层压实（压实度 $\geq 95\%$ ），表面铺设土工布 + 沥青砂（厚度3cm）封闭。例如，某一级公路纵向裂缝（宽度8mm）采用开槽填碎石处理，压实后裂缝未再发展。

2. 裂缝预防措施：

选用低收缩填料（如碎石土、砾石土），避免使用纯粉土；填料填筑后及时覆盖土工布洒水养护（养护时间7–10d），高温天气每2h洒水1次，防止干缩；冬季施工时覆盖保温被，减少温度骤降导致的温缩。

路基分段施工接缝处开挖台阶（台阶高度20cm、宽度100cm），台阶坡面坡度1:2，接缝处填料采用人工补压2遍，确保新旧填料结合紧密。

（四）压实度不足处理对策与预防

1. 压实度不足修复

局部“弹簧土”区域：采用挖除换填法，挖除“弹簧土”（深度50–80cm），换填级配碎石（粒径5–20mm）或灰土（石灰掺量8%），分层压实（分层厚度20cm，碾压遍数4遍），压实度需达设计值+1%以上。例如，某公路路基K3+100段出现200 m²“弹簧土”，挖除60cm深后换填级配碎石，采用22t振动压路机碾压5遍，压实度达96%（设计94%），弯沉值降至180（0.01mm），符合要求。

大面积压实度不足（超1000 m²）：采用翻拌晾晒+补压法，将填料翻拌深度30–40cm，晾晒至最佳含水率 $\pm 2\%$ ，重新分层碾压（增加1–2遍碾压次数），碾压后采用钻芯法或灌砂法检测，确保压实度达标。某二级公路路基下路床大面积压实度仅90%（设计94%），翻拌晾晒3天后，用25t压路机碾压6遍，压实度提升至95%，满足设计要求。

2. 压实度预防措施

含水率精准控制：施工前对填料进行含水率检测（每5000m³

检测1次），采用快速含水率测定仪实时监测，若含水率过高，按“翻拌晾晒+生石灰调节”组合方式处理（生石灰掺量根据含水率差计算，每降低1%含水率需掺加1%生石灰）；若含水率过低，采用洒水车匀速洒水，洒水后闷料24h，确保水分均匀。例如，某高速公路路基填料含水率32%（最佳含水率19%），掺入5%生石灰后翻拌，24h后含水率降至21%，满足施工要求。

设备与工艺匹配：根据填筑层位选择压路机，上路床采用22–25t振动压路机，下路床采用20–22t振动压路机，碾压顺序遵循“先边缘后中间、先静压后振动”，碾压速度控制在2–3km/h，碾压遍数按试验段确定（一般上路床5–6遍，下路床4–5遍）。同时，分层厚度采用“标尺控制+专人巡检”，确保上路床分层厚度 $\leq 25\text{cm}$ ，下路床 $\leq 30\text{cm}$ 。

填料级配优化：对级配不良的填料（如纯砂、纯粉土）进行改良，纯砂中掺入15%–20%黏性土，纯粉土中掺入10%–15%碎石，改良后填料级配需符合《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610–2019）中“C组填料”要求，确保压实后孔隙率 $\leq 18\%$ 。某公路路基采用纯粉土填料，掺入12%碎石后级配改善，压实度从88%提升至95%。^[5]

三、结语

本文通过研究发现，路基质量通病的核心成因集中在地基处理不彻底、填料与工艺不匹配、过程管控不到位三个方面，通过“软土地基专项处理”“填料含水率精准调节”“压实工艺优化”等措施，可有效解决各类通病，延长公路使用寿命。未来，随着智能化技术的发展，可进一步推广“物联网+质量管控”模式，通过传感器实时监测路基压实度、沉降量等指标，实现施工质量动态预警，推动公路路基施工向“精准化、智能化”升级，为我国公路工程质量提升提供更强支撑。

参考文献

- [1] 李明, 张伟. 公路路基沉降的成因分析与综合处治技术研究 [J]. 交通科技前沿, 2021, 25(3): 35–42.
- [2] 王芳, 刘畅. 基于地质条件的公路边坡滑塌预防与治理措施探讨 [J]. 岩土工程研究, 2022, 30(2): 45–52.
- [3] 陈辉, 赵宇. 公路路基裂缝的类型识别、成因解析及修复技术 [J]. 道路工程学报, 2023, 18(4): 56–63.
- [4] 张悦, 周洋. 提高公路路基压实度的施工工艺优化与质量控制策略 [J]. 筑路技术与应用, 2024, 42(5): 25–32.
- [5] 吴昊, 孙凯. 山区公路路基质量通病防治的工程实践与经验总结 [J]. 山区交通建设, 2025, 15(2): 15–22.